

# **Impacto da granulometria do farelo de arroz nas características tecnológicas e sensoriais de alimentos sem glúten**

**Joana Filipa Gabriel Loureiro**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Alimentar**

Orientadores: Professora Doutora Anabela Cristina da Silva Naret Moreira Raymundo  
Mestre Patrícia Catarina das Neves Bordalo Branco Fradinho

**Júri:**

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar com Agregação  
do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutora Anabela Cristina da Silva Naret Moreira Raymundo, Professora Auxiliar com  
Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutora Maria Cristiana Henriques Nunes, Professora Auxiliar da Universidade  
Lusófona de Humanidades e Tecnologias

## **AGRADECIMENTOS**

Durante a execução da presente dissertação pude contar com a colaboração, paciência e empenho de muitas pessoas a quem gostaria de conceder os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar, à minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Doutora Anabela Raymundo que se demonstrou sempre disponível para me ajudar com qualquer dúvida que tivesse, fazendo sempre críticas bastantes construtivas que me permitiram avançar com clareza no trabalho. Obrigada também pelo carinho demonstrado e por me ter dado incentivo e reconhecimento pelo trabalho desenvolvido.

Um grande obrigado à minha coorientadora, Mestre Patrícia Fradinho uma vez que se não fosse ela nunca teria sido possível a realização prática do meu trabalho. Agradeço do fundo do coração a ajuda prestada em todas as etapas da dissertação, pelo apoio, incentivo e por todos os conhecimentos que me permitiu adquirir, deixando muitas vezes de lado o seu próprio trabalho para que eu pudesse ser bem-sucedida no meu.

Um especial obrigado ao meu maior apoio, o meu namorado, pelo carinho, conselhos e paciência. Obrigada pelo apoio incondicional, por me fazer focar nos objetivos, e por ter dedicado muitas vezes algum do seu tempo para me ajudar a solucionar alguns problemas que surgiram pelo caminho. Obrigada por tudo.

Obrigada à minha mãe, pai e irmão por toda a ajuda e paciência que tiveram comigo ao longo de todo o meu percurso académico. Sem vocês não teria sido possível.

Quero também agradecer à minha melhor amiga, que foi a minha confidente durante toda esta jornada. Desde o primeiro ano de faculdade que sempre foi um grande apoio em todos os aspetos e tenho a certeza que continuará a ser uma pessoa muito importante para o resto da minha vida. Obrigada pela ajuda, conselhos, incentivo e por me ter ouvido tantas vezes quando mais precisei.

Obrigada a todos os funcionários dos laboratórios do Instituto Superior de Agronomia, que me ajudaram sem hesitar sempre que precisei.

Agradeço também às empresas, NovaArroz e Valente Marques, que gentilmente me cederam as farinhas e farelos de arroz.

## RESUMO

Atualmente, com o desenvolvimento das tecnologias, o número de casos diagnosticados de doentes celíacos tem vindo a aumentar. No entanto por serem produtos direcionados para um nicho de mercado, os alimentos sem glúten ainda possuem preços elevados, comparativamente aos produtos equivalentes para a população não celíaca. Desta forma há necessidade de desenvolver produtos com o mesmo fim, utilizando subprodutos da indústria arroseira como o farelo e a farinha de arroz, de modo a que estes produtos possam ser apresentados no mercado a preços mais acessíveis ao consumidor. O desenvolvimento de produtos isentos de glúten constitui um desafio tecnológico uma vez que, devido à ausência de glúten, a formação de estrutura terá de ser alcançada de modo alternativo, nomeadamente através da incorporação de outros ingredientes e/ou de etapas de processamento.

Ao longo do trabalho foi feito o desenvolvimento de massas alimentícias frescas e mixes de bolachas, bases de pizza e pães isentos de glúten, a partir de subprodutos da indústria arroseira, nomeadamente farinha e farelo de arroz, com o principal objetivo de estudar o impacto da granulometria do farelo nas características tecnológicas e sensoriais desses produtos.

A análise sensorial foi o ponto de partida para saber qual a preferência dos provadores entre as formulações desenvolvidas dos produtos com granulometrias de farelo de arroz diferentes tendo então sido elaborados os respetivos produtos com o objetivo de alcançar características reológicas o mais semelhante possível a produtos idênticos com glúten.

Os produtos desenvolvidos foram caracterizados em termos físicos e químicos, através do fator de expansão, atividade da água, cor, parâmetros da qualidade da cozedura, textura, reologia e valor nutricional. A incorporação de farelo originou produtos com características tecnológicas e sensoriais mais desejáveis.

**Palavras-chave:** produtos sem glúten, farelo de arroz, farinha de arroz, granulometria, desenvolvimento de produtos.

## **ABSTRACT**

Currently, with the technologies development, the number of diagnosed cases of celiac patients has increased. However the prices of gluten-free foods are still high compared with equivalent products to the non-celiac population. Thus, there is a need to create products with the same purpose, using the rice industry byproducts, like bran and rice flour. This way the products could be presented with lowest prices to consumers. The development of gluten-free products is a technological challenge, because of the absence of gluten, which means that the forming structure must be achieved in an alternative way, namely by the incorporation of other ingredients and/or processing steps.

Throughout the work was done fresh pasta and mixtures of gluten-free development like crackers, pizza crust and bread, using byproducts from the rice industry, including flour and bran rice, with the main objective of study the impact of particle size bran in their technological and sensory characteristics.

Sensory analysis was the starting point to know the preference between the developed formulations with different rice bran particle size in order to achieve products with rheological characteristics as similar as possible to identical products with gluten.

The developed products were featured in physical, chemical and sensory terms, through spread ratio, water activity, color, cooking quality parameters, texture, rheology and nutritional value. The bran incorporation originated products with technological and sensory characteristics most desirable.

**Keywords:** gluten-free-products, rice-bran, rice-flour, granulometry, product development.

<b>ÍNDICE</b>	
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de Tabelas .....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Equações.....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de Abreviaturas .....</b>	<b>xi</b>
<b>Introdução e Objetivos .....</b>	<b>xii</b>
<b>1. Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>1</b>
1.1 Glúten.....	1
1.2 Doença celíaca .....	1
1.2.1 Quadro clínico .....	3
1.2.2 Epidemiologia .....	3
1.2.3 Diagnóstico .....	4
1.2.4 Tratamento .....	5
1.3 Arroz .....	7
1.3.1 Aspetos morfológicos .....	7
1.3.2 Processamento industrial .....	8
1.3.3 Composição química .....	9
1.3.4 Subprodutos do Processamento industrial .....	11
1.3.4.1 Casca.....	11
1.3.4.2 Farelo.....	11
1.3.4.3 Trinca de arroz .....	14
1.4 Produtos isentos de glúten .....	14
1.5 Análise sensorial.....	15
1.6 A reologia no desenvolvimento de produtos .....	15
1.6.1 Análise da textura .....	16
1.6.2 Análise das propriedades viscoelásticas .....	19
<b>2. Material e Métodos.....</b>	<b>23</b>
2.1 Ingredientes.....	23
2.2 Metodologia.....	23
2.2.1 Preparação de bolachas com e sem farelo .....	24
2.2.2 Preparação de bases de pizza com e sem farelo .....	25
2.2.3 Preparação dos pães com e sem farelo .....	27
2.2.4 Preparação das massas alimentícias com e sem farelo .....	28
2.2.5 Índice de Absorção de Água e Solubilidade do farelo .....	29

2.2.6	Análise sensorial .....	30
2.2.7	Determinação do Fator de Expansão das bolachas .....	30
2.2.8	Determinação da $a_w$ dos mixes e dos produtos .....	30
2.2.9	Análise da textura das massas e dos produtos .....	31
2.2.10	Testes oscilatórios .....	32
2.2.11	Análise da cor .....	33
2.2.12	Determinação do aumento de volume da massa da base de pizza e do pão ao longo da fermentação.....	33
2.2.13	Determinação dos parâmetros de qualidade da cozedura das massas frescas .....	34
2.2.13.1	Índice de inchamento.....	34
2.2.13.2	Perda de sólidos solúveis .....	34
2.2.13.3	Absorção de água .....	35
2.2.14	Análise da composição nutricional.....	35
2.2.14.1	Lípidos.....	35
2.2.14.2	Proteínas.....	36
2.2.14.3	Fibras.....	36
2.2.14.4	Humidade .....	36
2.2.14.5	Cinza .....	36
2.2.15	Análise Estatística.....	36
<b>3.</b>	<b>Resultados e Discussão .....</b>	<b>37</b>
3.1	Índice de Absorção de Água e Índice de Solubilidade do farelo .....	37
3.2	Seleção do teor de farelo adequado para cada granulometria de cada produto a desenvolver.....	40
3.2.1	Bolachas.....	40
3.2.2	Bases de Pizza.....	40
3.2.3	Pães .....	41
3.2.4	Massas Alimentícias .....	41
3.3	Análise sensorial.....	42
3.3.1	Bolachas.....	42
3.3.2	Bases de Pizza.....	43
3.3.3	Pães .....	44
3.3.4	Massas Alimentícias .....	44
3.4	Bolacha controlo e com 2% de farelo com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ ...	46
3.4.1	Fator de expansão .....	46
3.4.2	Atividade da água .....	46
3.4.3	Análise do perfil de textura da massa.....	47
3.4.4	Análise da textura das Bolachas .....	48

3.4.5 Comportamento reológico das massas.....	49
3.4.6 Análise da cor .....	50
3.4.7 Análise da composição nutricional .....	50
3.4.8 Análise global.....	51
3.5 Base de pizza controlo e com 10% de farelo com granulometria 350-500 µm.....	52
3.5.1 Atividade da água .....	52
3.5.2 Análise do perfil de textura da massa.....	53
3.5.3 Análise da textura da Base de Pizza .....	54
3.5.4 Testes oscilatórios.....	55
3.5.5 Análise do aumento de volume ao longo da fermentação .....	55
3.5.6 Análise da cor .....	56
3.5.7 Análise da composição nutricional .....	56
3.5.8 Análise global.....	57
3.6 Pão controlo e com 2% de farelo com granulometria 180-350 µm.....	58
3.6.1 Atividade da água .....	58
3.6.2 Análise do perfil de textura da massa.....	59
3.6.3 Análise da textura dos Pães.....	60
3.6.4 Testes oscilatórios.....	61
3.6.5 Análise do aumento de volume ao longo da fermentação .....	62
3.6.6 Análise da cor .....	63
3.6.7 Análise da composição nutricional .....	63
3.7 Massas alimentícias controlo e com 2% de farelo com granulometria 180- 350 µm.....	65
3.7.1 Atividade da água .....	65
3.7.2 Análise do perfil de textura das massas alimentícias .....	66
3.7.3 Análise da textura das Massas Alimentícias.....	66
3.7.4 Testes oscilatórios.....	67
3.7.5 Parâmetros tecnológicos .....	68
3.7.6 Análise da cor .....	69
3.7.8 Análise da composição nutricional .....	70
3.8 Mixes da Bolacha, Base de Pizza e Pão.....	72
3.8.1 Atividade da água .....	72
3.8.2 Composição nutricional.....	73
3.8.3 Apresentação final .....	75
<b>4. Conclusões .....</b>	<b>76</b>
<b>5. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>78</b>

<b>6. Anexos.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO 1 - Ficha de Prova para as Bolachas, Bases de Pizza e Massas Frescas Isentas de Glúten.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO 2 - Ficha de Prova para os Pães Isentos de Glúten .....</b>	<b>87</b>

## Índice de Figuras

Figura 1- Estrutura do glúten (gliadina e glutenina) .....	1
Figura 2-Vilosidades intestinais à esquerda e junções de oclusão entre dois enterócitos à direita.....	2
Figura 3-Alteração histológica onde se observam vilosidades intestinais com aspeto normal à esquerda e atrofia vilositária acompanhada de hiperplasia de criptas à direita.....	2
Figura 4- Classificação de Marsh, para a doença celíaca, segundo a condição da mucosa intestinal onde:.....	5
Figura 5-Estrutura do grão de arroz .....	8
Figura 6- Fluxograma de produção de arroz. ....	9
Figura 7- Curva de Força versus Tempo obtida através de um teste TPA. ....	17
Figura 8- A) Texturómetro TA-XT plus (Stable MicroSystems, UK) durante a realização de um teste. B) Da esquerda para a direita: sonda de aço inoxidável, sonda de corte, sonda cilíndrica e uma sonda A/TG ( <i>tensile grips</i> ). ....	19
Figura 9- Curva de escoamento (tensão de corte em função da velocidade de deformação) representativa dos diferentes tipos de comportamento reológico. ....	20
Figura 10- Variação da viscosidade com a velocidade de deformação e respetivas mudanças estruturais de um fluido com comportamento reofluidificante.....	21
Figura 11- Regiões do espectro mecânico de materiais viscoelásticos. ....	22
Figura 12- Reómetro ( <i>MAR III, Haake</i> , Alemanha).....	22
Figura 13- Caracterização dos estudos físicos e químicos feitos para os produtos desenvolvidos isentos de glúten.....	23
Figura 14- Fluxograma do processo de fabrico de bolachas isentas de glúten.....	25
Figura 15-Fluxograma do processo de fabrico de bases de pizza isentas de glúten. ....	26
Figura 16-Fluxograma do processo de fabrico de pão isento de glúten. ....	28
Figura 17-Fluxograma do processo de fabrico de massas frescas isentas de glúten. ....	29
Figura 18-Medição do diâmetro de uma bolacha em estudo. ....	30
Figura 19-Medição de $a_w$ de um produto em estudo através do equipamento Hygrolab 3 (Rotronic, UK) .....	30
Figura 20-Texturómetro a efetuar um teste de perfil de textura (TPA) com uma sonda de 10 mm Ø.....	31
Figura 21-Reómetro de tensão controlada a efetuar um teste de varrimento de frequências. ....	32
Figura 22-Esquematização da medição do volume antes e após a fermentação de uma massa. ....	33
Figura 23- Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade (IS) das farinhas de arroz carolino, agulha e vaporizado. ....	37



Figura 24- Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade (IS) de farelo de arroz carolino, agulha e vaporizado com granulometria <180 µm.....	38
Figura 25- Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade (IS) de farelo de arroz carolino, agulha e vaporizado com granulometria 180-350 µm.	38
Figura 26- Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade (IS) de farelo de arroz carolino, agulha e vaporizado com granulometria 350-500 µm.	39
Figura 27-Perfil sensorial relativamente aos oito atributos da bolacha controlo e das bolachas com 1,5%, 2% e 3% de farelo de arroz agulha com as três granulometrias em estudo.....	42
Figura 28-Bolachas isentas de glúten (formulação controlo à esquerda e formulação com 2% de farelo à direita) .....	43
Figura 29- Perfil sensorial relativamente aos oito atributos da base de pizza controlo e das bases de pizza com 10% e 13% de farelo de arroz vaporizado com as duas granulometrias em estudo.....	43
Figura 30-Bases de pizza isentas de glúten (formulação controlo à esquerda e formulação com 10% de farelo à direita). .....	43
Figura 31-Perfil sensorial relativamente aos nove atributos do pão controlo e do pão com 1,5% e 2% de farelo de arroz vaporizado com as duas granulometrias em estudo. ....	44
Figura 32-Pães isentos de glúten (formulação controlo à esquerda e com 2% de farelo à direita). ....	44
Figura 33-Perfil sensorial relativamente aos oito atributos da massa controlo e das massas com 1,5%, 2% e 2,5% de farelo de arroz carolino com as três granulometrias em estudo.....	45
Figura 34-Massas frescas isentas de glúten (formulação controlo à esquerda e formulação com 2% de farelo à direita). ....	45
Figura 35-Spread Ratio da bolacha controlo e da bolacha com 2% de farelo agulha com granulometria de 180-350 µm. ....	46
Figura 36-Atividade da água ( $a_w$ ) da bolacha controlo e da bolacha com 2% de farelo agulha com granulometria de 180-350 µm ao longo do tempo. ....	46
Figura 37- Firmeza da bolacha controlo e da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350 µm. ....	48
Figura 38- Espectros mecânicos das massas da bolacha controlo e da bolacha com 2% de farelo agulha com granulometria 180-350 µm. ....	49
Figura 39-Atividade da água ( $a_w$ ) da base de pizza controlo e da base de pizza com 10% de farelo vaporizado com granulometria de 350-500 µm. ....	53
Figura 40- Firmeza da base controlo e da base com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 350-500 µm. ....	54
Figura 41- Espectros mecânicos das massas da base de pizza controlo e da base de pizza com 10% de farelo vaporizado com granulometria 350-500 µm. ....	55
Figura 48- Capacidade de expansão ( <i>over-run</i> ) das massas da base de pizza controlo e da base de pizza com 2% de farelo vaporizado com granulometria 350-500 µm.....	55
Figura 43-Atividade da água ( $a_w$ ) do pão controlo e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria de 180-350 µm ao longo do tempo. ....	59
Figura 44- Firmeza do pão controlo e do pão com 2% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 180-350 µm. ....	60
Figura 45- Espectros mecânicos do pão controlo e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria 180-350 µm. ....	61

Figura 46- Capacidade de expansão ( <i>over-run</i> ) das massas do pão controlo e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria 180-350 µm. ....	62
Figura 47- Atividade da água ( $a_w$ ) da massa controlo e da massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350 µm. ....	65
Figura 48- Espetros mecânicos da massa controlo e da massa com 2% de farelo carolino com granulometria 180-350 µm. ....	67
Figura 40- Atividade da água ( $a_w$ ) dos mixes da bolacha controlo, da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350 µm, da base de pizza controlo, da base de pizza com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 350-500 µm, do pão controlo e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria de 180-350 µm. ....	72
Figura 50- Sugestão para a apresentação dos produtos finais – Mix para bolachas, Mix para pizza, Mix para pão e Massa Fresca. ....	75
Figura 51- Sugestão de MUPI (foto da esquerda) e <i>outdoor</i> (foto da direita) para a apresentação da marca Oryza ao público. ....	75

## Índice de Tabelas

Tabela 1 Quadro clínico e manifestações clínicas para a doença celíaca. ....	3
Tabela 2 - Alimentos a excluir e alimentos permitidos para doentes celíacos. ...	6
Tabela 3- Composição química média (% matéria seca) de arroz integral, branco polido e vaporizado polido. ....	10
Tabela 4- Composição química parcial de farelo de arroz integral e de arroz desengordurado. ....	12
Tabela 5- Níveis de ingestão de segurança (g/dia) de fibra total para diferentes estágios de vida. ....	14
Tabela 6- Parâmetros calculados através do teste de TPA e respetivas definições e fórmulas de cálculo. ....	18
Tabela 7-Formulação otimizada para elaboração de bolachas isentas de glúten. ....	24
Tabela 8-Formulação de base de pizza isenta de glúten. ....	26
Tabela 9-Formulação de pão isento de glúten. ....	27
Tabela 10-Formulações de massas frescas isentas de glúten (controlo e com incorporação de farelo). ....	29
Tabela 11-Condições dos testes de textura e características. ....	32
Tabela 12-Valor energético por grama de alimento de lípidos, glúcidos e proteína. ....	35
Tabela 13- Granulometrias e quantidade de farelo de arroz agulha utilizada. .	40
Tabela 14- Granulometrias e quantidade de farelo de arroz vaporizado utilizada. ....	41
Tabela 15-Granulometrias e quantidade de farelo de arroz vaporizado utilizada. ....	41
Tabela 16-Granulometrias e quantidade de farelo de arroz carolino utilizada. .	42
Tabela 17- Resultados da análise sensorial efetuada a bolachas, bases de pizza, pães e massas alimentícias. ....	45

Tabela 18-Firmeza, adesividade e coesividade das massas da bolacha controle e da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350 $\mu\text{m}$ .....	48
Tabela 19- Parâmetros de cor da bolacha controle e da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ . ....	50
Tabela 20- Valor nutricional por 100g de bolacha isenta de glúten com incorporação de farelo de arroz agulha com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ e bolacha controle.....	51
Tabela 21- impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ nas características tecnológicas e sensoriais das bolachas. ....	52
Tabela 22- Firmeza, adesividade e coesividade da base controle e da base com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 350-500 $\mu\text{m}$ .....	54
Tabela 23- Parâmetros de cor da base de pizza controle e da base de pizza com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria 350-500 $\mu\text{m}$ . ....	56
Tabela 24- Valor nutricional por 100g de base de pizza isentas de glúten com incorporação de farelo de arroz vaporizado com granulometria 350-500 $\mu\text{m}$ e base de pizza controle. ....	57
Tabela 25- Impacto da incorporação de 10% de farelo com granulometria 350-500 $\mu\text{m}$ nas características tecnológicas e sensoriais da base de pizza. ....	58
Tabela 26- Firmeza, adesividade e coesividade da massa do pão controle e da massa do pão com 2% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 180-350 $\mu\text{m}$ .....	60
Tabela 27- Parâmetros de cor do pão controle e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ . ....	63
Tabela 28-Valor nutricional por 100g do pão isento de glúten com incorporação de farelo de arroz vaporizado com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ e pão controle.	64
Tabela 29- Impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ nas características tecnológicas e sensoriais do pão. ....	64
Tabela 30-Firmeza (N), adesividade (N.s) e coesividade da massa fresca controle e com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350 $\mu\text{m}$ .....	66
Tabela 31-Firmeza e extensibilidade da massa controle e da massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350 $\mu\text{m}$ . ....	67
Tabela 32-Parâmetros tecnológicos da massa controle e da massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ . ....	69
Tabela 33-Parâmetros de cor da massa controle e da massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ . ....	70
Tabela 34-Valor nutricional por 100g de massa fresca isenta de glúten com incorporação de farelo de arroz carolino com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ e massa fresca controle .....	71
Tabela 35- impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ nas características tecnológicas e sensoriais das massas alimentícias frescas. ....	71
Tabela 36-Valor nutricional por mix (100 g) de bolacha isenta de glúten com incorporação de farelo de arroz agulha com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$ e de bolacha controle.....	73
Tabela 37-Valor nutricional por mix (100 g) de base de pizza isentas de glúten com incorporação de farelo de arroz vaporizado com granulometria 350-500 $\mu\text{m}$ e base de pizza controle. ....	74

Tabela 38- Valor nutricional por mix (100 g) de pão isento de glúten com incorporação de farelo de arroz vaporizado com granulometria 180-350 µm e pão controlo. ....	74
---	----

## Índice de Equações

Equação 1 .....	33
Equação 2 .....	34
Equação 3 .....	34
Equação 4 .....	35
Equação 5 .....	35

## Índice de Abreviaturas

DC- Doença celíaca
MHC- Complexo principal de histocompatibilidade humana
HLA- Antígenos Leucocitários Humanos
DIG- Dieta isenta de glúten
APN- Associação Portuguesa de Nutricionistas
PAESG- Produtos alimentares específicos sem glúten
FAO -Food and Agriculture Organization
AR- Amido resistente
FAD- Farelo de Arroz Desengordurado
TPA- Análise do perfil de textura
HPMC- Hidroxipropilmetilcelulose

## Introdução e Objetivos

O presente trabalho sobre tema “Impacto da granulometria do farelo de arroz nas características tecnológicas e sensoriais de alimentos sem glúten” foi desenvolvido no âmbito do Projeto QREN nº 38749 “Arroz +” – Valorização do farelo e trinca de arroz para produção de alimentos de valor acrescentado, pertencente à empresa NovaArroz, sediada em Oliveira de Azeméis

A doença celíaca (DC), que afeta cerca de 1% da população mundial, é uma enteropatia autoimune que desenvolve inflamações intestinais crónicas nos doentes aquando da ingestão de alimentos com glúten (Sapone *et al.*, 2011). O único tratamento possível para esta condição de saúde baseia-se numa dieta sem glúten para o resto da vida (Tonutti *et al.*, 2014). Atualmente com o desenvolvimento das tecnologias, o número de casos diagnosticados de doentes celíacos tem vindo a aumentar. No entanto, por se destinarem a um nicho de mercado, os preços de alimentos sem glúten ainda são muito elevados, comparativamente aos produtos equivalentes para a população não celíaca.

As proteínas do trigo podem ser divididas em duas classes, as proteínas solúveis (albuminas e globulinas) e as proteínas de reserva (gliadinas e gluteninas) que possuem a propriedade de formar, juntamente com a água e amassadura, uma substância elástica aderente, insolúvel em água, que é o glúten, responsável pela textura da massa nos alimentos, devido à formação de redes viscoelásticas. A nível mundial o arroz (constituído por 7 espécies diferentes) é um dos cereais com maior consumo, apenas ultrapassado pelo milho e pelo trigo. Em 2013, a produção de arroz em Portugal foi próxima das 180 mil toneladas (Estatísticas Agrícolas, 2013), situando-se em primeiro lugar como o país que mais consome arroz *per capita* da Europa, com 15 kg/habitante por ano (Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 2007). A indústria do processamento, descasque e branqueamento de arroz tem como consequência a produção de quantidades elevadas de subprodutos, nomeadamente a farinha de trinca de arroz e o farelo (Matos, 2013). Relativamente à farinha de arroz, esta é muito utilizada nas dietas celíacas, uma vez que é isenta de glúten, contém baixos níveis de sódio, tem uma grande quantidade de hidratos de carbono facilmente digeríveis pelo ser humano (Nishita *et al.*, 1976; Ylimaki *et al.*, 1988; Ylimaki *et al.*, 1991) bem como propriedades naturais, que lhe conferem características hipoalergénicas (Sciarini *et al.*, 2010). Por outro lado, o farelo de arroz contém proteínas hipoalergénicas, hidratos de carbono, fibras bem como uma grande capacidade de absorção e solubilidade de água (Frutos *et al.*, 2008; (Matos, 2013; Raymundo *et al.*, 2014).

É importante salientar que ao desenvolver produtos isentos de glúten na indústria, por vezes é necessário recorrer a aditivos com o intuito de melhorar as propriedades

viscoelásticas, nomeadamente gomas, emulsionantes, proteínas ou produtos lácteos (Júnior *et al.*, 2009).

Ao longo do trabalho foi feito o desenvolvimento de massas alimentícias frescas e mixes de bolachas, bases de pizza e pães isentos de glúten, a partir de subprodutos da indústria arroseira, nomeadamente farinha e farelo de arroz, com o principal objetivo de estudar o impacto da granulometria do farelo nas suas características tecnológicas e sensoriais. Os mixes, consistem numa mistura de ingredientes secos aos quais o consumidor apenas acrescentaria água, ovo ou óleo, dependendo do alimento. Deste modo foi então feita uma avaliação do índice de absorção de água e de solubilidade da farinha e do farelo de arroz (agulha, carolino e vaporizado). De seguida foram realizados ensaios preliminares de modo a selecionar o teor adequado de farelo, bem como a respetiva granulometria para cada produto a desenvolver, tendo como objetivo a sua avaliação tecnológica e sensorial. Para tal, com base em formulações desenvolvidas anteriormente substituiu-se a farinha de arroz por diferentes quantidades de farelo de diversas granulometrias. Posteriormente, foi necessário proceder a uma análise sensorial feita por um painel de provadores não treinados, para determinar de entre as formulações com percentagens e granulometrias de farelo diferentes, quais as ideais em termos organoléticos para serem estudadas tecnologicamente. De seguida analisou-se o fator de expansão das bolachas bem como a atividade da água e análise de cor dos produtos e dos mixes respetivos. Para cada formulação em estudo, foram também efetuados testes de textura e testes oscilatórios. Mais tarde foi avaliada a capacidade de expansão ao longo da fermentação das massas das formulações em estudo, referentes às bases de pizza e dos pães. Relativamente às massas frescas, efetuou-se uma análise dos parâmetros tecnológicos, nomeadamente o índice de inchamento, a perda de sólidos solúveis e a absorção de água. Por último foram utilizados vários métodos de quantificação de lípidos, proteína, fibra, humidade e cinza para obtenção do valor nutricional de todas as formulações em estudo.

## 1. Revisão Bibliográfica

### 1.1 Glúten

As proteínas do trigo podem ser divididas em duas classes, as proteínas solúveis (albuminas e globulinas) e as proteínas de reserva (gliadinas e gluteninas) que possuem a propriedade de formar, juntamente com a água e amassadura, uma substância elástica aderente, insolúvel em água, que é o glúten, responsável pela textura da massa nos alimentos, devido à formação de redes viscoelásticas. As proteínas de reserva (figura 1) são muito ricas em aminoácidos (prolina e glutamina),

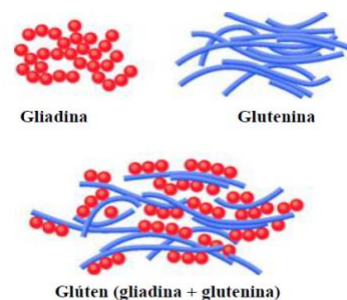


Figura 1- Estrutura do glúten (gliadina e glutenina)

Fonte: Nascimento *et al.*, (2012)

sendo que as gliadinas (geralmente correspondentes a 50% da quantidade total do glúten) consistem em cadeias polipeptídicas distintas, enquanto as gluteninas são cadeias polipeptídicas interligadas por pontes dissulfureto (Nordqvist *et al.*, 2011; Nascimento *et al.*, 2012). Quanto à solubilidade, as albuminas são solúveis em água e as globulinas em soluções salinas. Em relação às proteínas de reserva, a gliadina é extraível em etanol enquanto a glutenina é insolúvel em praticamente todos os solventes devido ao seu tamanho molecular (Delcour *et al.*, 2012). O glúten é o responsável pela obtenção de produtos alimentares com características viscoelásticas, uma vez que a gliadina é responsável por conferir extensibilidade e viscosidade às massas enquanto as gluteninas são responsáveis pela sua elasticidade e coesividade. É importante ressaltar que o tamanho molecular e o entrelaçamento de diferentes moléculas de glutenina são responsáveis por essa coesividade, sendo que a elasticidade depende de um alongamento reversível proveniente da sua conformação (Delcour *et al.*, 2012; Sciarini *et al.*, 2012).

As proteínas denominadas como prolaminas são consideradas tóxicas para o doente celíaco e diferem de acordo com o tipo de cereal, sendo denominadas de gliadina no trigo, secalina no centeio, hordeína na cevada e avenina na aveia (Nascimento *et al.*, 2012).

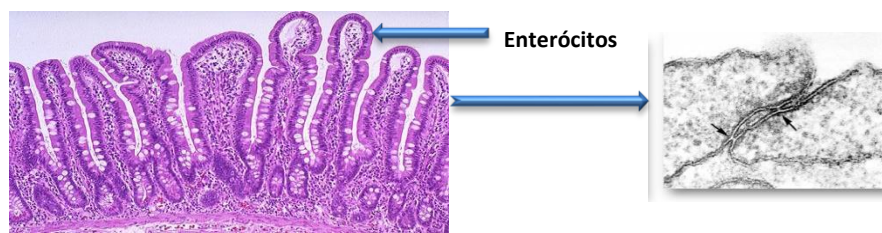
### 1.2 Doença celíaca

A doença celíaca (DC) é uma enteropatia crônica autoimune, sensível ao glúten com uma série de manifestações clínicas de severidade variável. O efeito lesivo do glúten na mucosa intestinal foi primeiramente descrito por Dicke em 1950, na Holanda (Nascimento *et al.*, 2012). Esta doença atinge a pessoas geneticamente predispostas (crianças ou adultos), danificando as vilosidades intestinais através de um processo inflamatório crônico. As manifestações clínicas e histológicas podem ser revertidas com uma dieta sem

glúten, contudo a reintrodução deste resulta no reaparecimento dos sintomas (Genel *et al.*, 2013).

Existe uma maior incidência da DC em indivíduos caucasianos do sexo feminino na razão de 1:2, sendo que a sua prevalência incide entre 1:80 a 1:300 na população europeia. No entanto, um estudo realizado em Portugal, mais concretamente na região de Braga, mostrou uma prevalência de 1:134 estimando-se que 1 a 3% da população portuguesa é celíaca. Contudo, existem apenas 10 000 doentes diagnosticados, revelando-se uma doença com uma grande taxa de subdiagnósticos (Pereira *et al.*, 2008; APC, 2015)

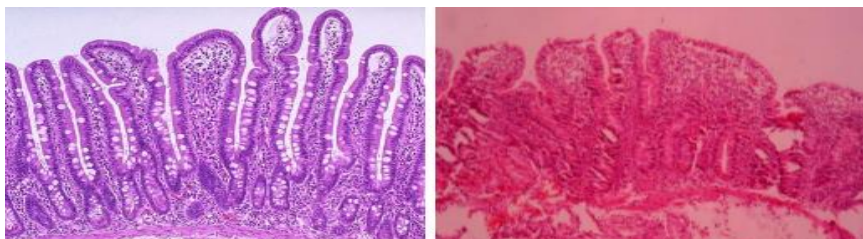
Biologicamente o intestino delgado é revestido internamente por vilosidades que têm a função de aumentar a superfície de contacto entre o intestino e os alimentos, para que haja a maximização da absorção de nutrientes. Na superfície das vilosidades intestinais existem enterócitos, células do epitélio intestinal ligadas entre si através de junções de oclusão que impedem a passagem de componentes por entre as células (figura 2) (Alvarez, 2010).



**Figura 2-Vilosidades intestinais à esquerda e junções de oclusão entre dois enterócitos à direita.**

**Fonte: Alvarez, 2010**

No trato gastrointestinal, o glúten é digerido e repartido dando origem à gliadina e glutenina, como referido anteriormente. Numa pessoa celíaca, as junções de oclusão das vilosidades intestinais abrem e permitem a passagem dos aminoácidos, dando origem a uma resposta imunitária, estimulando a produção de linfócitos intra-epiteliais. As vilosidades são atacadas com menor ou maior intensidade, ficando com atrofia vilositária acompanhadas de hiperplasia de criptas (figura 3). Esta situação causa problemas graves na absorção de nutrientes, vitaminas, sais minerais e água, uma vez que a superfície de contacto diminui (Alvarez, 2010).



**Figura 3-Alteração histológica onde se observam vilosidades intestinais com aspeto normal à esquerda e atrofia vilositária acompanhada de hiperplasia de criptas à direita.**

**Fonte: Alvarez, 2010**



### 1.2.1 Quadro clínico

Devido ao aumento número de casos diagnosticados de doença celíaca a definição de Oslo (Ludvigsson *et al.*, 2012) para a DC descriminou quatro quadros clínicos possíveis para esta doença, uma vez que existem inúmeras manifestações clínicas diferentes (Husby *et al.*, (2012); APC, 2015). O quadro clínico pode-se apresentar como descriminado na tabela 1 (Genel *et al.*, 2013).

Tabela 1 - Quadro clínico e manifestações clínicas para a doença celíaca.

Quadro Clínico	Manifestações Clínicas
<b>Doença celíaca clássica</b>	<b>Manifestações gastrointestinais:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Diarreia</li><li>• Náuseas/vômitos</li><li>• Desnutrição</li><li>• Perda de apetite</li><li>• Perda de peso</li><li>• Esteatorreia</li><li>• Edema secundário à hipoalbuminemia</li></ul>
<b>Doença celíaca atípica</b>	<b>Manifestações extraintestinais:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dermatite herpetiforme</li><li>• Deficiência de ferro (anemia)</li><li>• Atrasos no crescimento</li><li>• Dores ósseas</li><li>• Cansaço crónico</li><li>• Fertilidade diminuída</li><li>• Alterações de comportamento</li></ul>
<b>Doença celíaca assintomática</b>	Doentes com biopsias consistentes com a doença no entanto <b>sem manifestações clínicas</b>
<b>Doença celíaca latente</b>	Doentes <b>com manifestações clínicas</b> mas com biopsias intestinais normais ou com diferenças anormais mínimas

Fonte: (Genel *et al.*, 2013).

### 1.2.2 Epidemiologia

Os fatores condicionantes desta doença são fatores ambientais, genéticos e imunológicos. O glúten é a maior influência ambiental para esta doença, uma vez que ao ser introduzido no trato gastrointestinal e sendo constituído por gliadina, a fração solúvel em álcool das proteínas existentes no glúten, esta desencadeia a reação imunitária ao nível da mucosa intestinal (Vincentini *et al.*, 2006). As gliadinas podem ainda ser subdivididas em frações de acordo com a sua mobilidade eletroforética: alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gama ( $\gamma$ ) e ómega ( $\omega$ ). Todas as gliadinas são tóxicas para quem sofre de DC sendo constituídas por aproximadamente 30% de alfa ( $\alpha$ ), 30% de beta ( $\beta$ ), 30% de gama ( $\gamma$ ) e 10% de ómega ( $\omega$ ) (Ciclitira *et al.*, 2005).

O principal fator determinante da suscetibilidade genética para a DC está relacionado com o complexo principal de histocompatibilidade humana (MHC). Os Antígenos Leucocitários

Humanos (HLA) dos genes de classe I e classe II estão localizados no MHC no cromossoma 6 (Husby *et al.*, 2012). Estes genes são responsáveis por codificar glicoproteínas que se ligam a péptidos formando um complexo HLA-péptido que é reconhecido pelos recetores de células-T específicas nas mucosas intestinais (Fasano *et al.*, 2001). Nos doentes com DC formam-se complexos de HLA com os péptidos do glúten (gluteninas), que induzem uma resposta inflamatória por parte das células-T, causando a doença (Vader *et al.*, 2003).

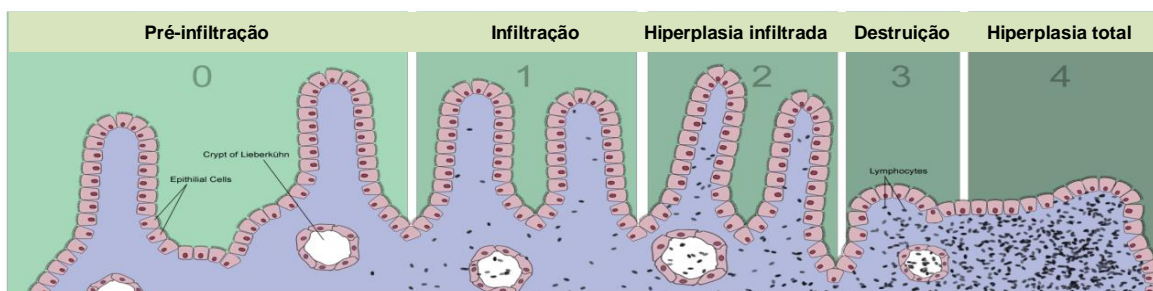
Deste modo é aceitável considerar a DC como uma doença mediada por células, T uma vez que os aminoácidos da gliadina agem como um antigénio ativando a resposta imunitária das células T que libertam citocinas inflamatórias, nomeadamente interferão  $\gamma$ , que conduzem a alterações profundas nos tecidos da mucosa intestinal (Gianfrani, *et al.*, 2005).

É importante salientar que a coexistência da DC com outras doenças autoimunes, como o diabetes *mellitus* tipo 1, doença de Addison, lúpus eritematoso sistémico, artrite reumatóide, síndrome de Sjögren, hepatite autoimune, cirrose biliar primária e estomatite de repetição, têm sido relatadas com frequência, sugerindo uma anormalidade intrínseca na regulação do sistema imunitário dos pacientes com DC (Nascimento *et al.*, 2012).

### 1.2.3 Diagnóstico

A confirmação de um diagnóstico de DC deve ser baseada numa combinação entre o historial de família, exames físicos, sorologia (análises ao sangue para pesquisa de anticorpos característicos da doença, nomeadamente antigliadina (AGA), antirreticulina (ARA), antiendomísio (EMA) e transglutaminase tecidual (tTG)), endoscopias e análises histológicas de biópsias múltiplas do duodeno, uma vez que a simples presença de sintomas não é suficiente para fazer o diagnóstico com segurança. Todos estes testes devem ser feitos quando os indivíduos não estão a praticar uma dieta isenta de glúten (Rubio-Tapia *et al.*, 2013). Relativamente às biópsias estas devem ser feitas em três estágios diferentes para confirmar o diagnóstico e fazer o acompanhamento ao doente. A primeira deve ser feita antes de qualquer tratamento e revelar atrofia vilositária, a segunda, logo após o tratamento deve demonstrar a recuperação das vilosidades e criptas, e a terceira e última já com a dieta sem glúten bem implementada deve revelar uma diminuição da lesão da mucosa intestinal e da má absorção, com melhora sintomática (Nascimento *et al.*, 2012).

Muitos médicos utilizam a classificação de Marsh ilustrada na figura 4 para identificar o quanto a mucosa está inflamada e atrofiada devido à ingestão continuada de glúten.



**Figura 4- Classificação de Marsh, para a doença celíaca, segundo a condição da mucosa intestinal onde:**  
**0-pré-infiltração, 1-infiltração, 2-hiperplasia infiltrada, 3-destruição e 4-hiperplasia total.**  
**Fonte: Adaptado de Nascimento *et al.*, 2012**

Divide-se o estado da mucosa em 4 estágios, 0-pré-infiltração, 1-infiltração, 2-hiperplasia infiltrada, 3-destruição da mucosa devido a uma grande resposta imunitária e 4-hiperplasia de criptas total.

### 1.2.4 Tratamento

O tratamento para a DC assenta numa dieta isenta de glúten (DIG) que requer a educação do paciente bem como motivação e acompanhamento. Os doentes que não respondem a este tratamento são bastante frequentes, principalmente quando o diagnóstico é feito na idade adulta. Nestes casos deve ser feita uma revisão do diagnóstico inicial do doente e da DIG para assegurar que não existem contaminações de glúten na alimentação do doente. Cerca de 70% dos doentes apresentam melhorias significativas após duas semanas do início da DIG, apresentando valores serológicos mais baixos dos anticorpos específicos. No entanto, a melhoria ao nível da mucosa intestinal é mais demorada (Pulido *et al.*, 2009; Sugai *et al.* 2010).

O estudo referido anteriormente por Gianfrani, *et al.*, (2005) demonstrou a toxicidade da gliadina no intestino dos pacientes com DC. Porém existem dúvidas sobre a toxicidade da aveia, sendo ainda necessário efetuar mais estudos que suportem essa teoria. Contudo, recomenda-se a exclusão deste cereal da dieta (Pulido *et al.*, 2009). Por outro lado o glúten está presente em alimentos que contenham trigo, centeio, cevada, malte e aveia, e deve ser substituído, por exemplo, por arroz, milho, batata e mandioca sendo importante ressaltar que a dieta deverá sempre atender às necessidades nutricionais de acordo com a idade do indivíduo. Na tabela 2 estão descritos alguns dos alimentos que um doente celíaco deve excluir da sua dieta bem como alguns dos alimentos permitidos. (Nascimento *et al.*, 2012).

**Tabela 2 - Alimentos a excluir e alimentos permitidos para doentes celíacos.**

\*Lactícínios: Em alguns casos, os doentes celíacos são também intolerantes à lactose, por atrofia das microvilosidades.

Alimentos a excluir		Alimentos permitidos
<p>Todos os alimentos que contenham:</p> <p><b>Trigo</b></p> <p><b>Aveia</b></p> <p><b>Centeio</b></p> <p><b>Cevada</b></p> <p><b>Malte</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molhos</li> <li>• Sopas de pacote</li> <li>• Sobremesas instantâneas</li> <li>• Gelados</li> <li>• Produtos pré-cozinhados</li> <li>• Produtos de charcutaria</li> <li>• Queijos fundidos</li> <li>• Patés</li> <li>• Conservas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arroz</li> <li>• Milho</li> <li>• Batata</li> <li>• Mandioca</li> <li>• Óleos, margarinas, azeite</li> <li>• Lactícínios*</li> <li>• Frutas, legumes, leguminosas</li> <li>• Carne</li> <li>• Ovos</li> <li>• Pescado, moluscos e marisco</li> <li>• Sal açúcar, especiarias</li> </ul>

Fonte: (Nascimento *et al.*, 2012).

Para além da dieta, os indivíduos com DC devem estar atentos à composição dos medicamentos prescritos, uma vez que alguns estudos realizados em 1990 observaram a presença de gliadina em 71,2% dos 59 medicamentos analisados nos Estados Unidos e em 31,9% dos 47 medicamentos da ex-Jugoslávia. (Nascimento *et al.*, 2012).

Um estudo feito pela Associação Portuguesa de Nutricionistas (APN) recolheu dados dos preços dos produtos alimentares específicos sem glúten (PAESG) e com glúten, por tipo de produto, incluídos nas 7 categorias alimentares (pão, massas, farinha, cereais de pequeno-almoço, bolachas/bolos, barras de cereais e alimentação preparada) de modo a determinar qual seria o cabaz mais caro. O estudo foi realizado entre julho e setembro de 2013 e demonstrou que os PAESG são 2,5 vezes mais caros que os produtos com glúten. O preço de um cabaz alimentar essencial sem glúten representa um aumento significativo comparativamente ao equivalente com glúten, tendo um impacto de mais de metade do orçamento de uma família com baixo rendimento.

Em termos legislativos, segundo o Regulamento (UE) nº 1169/2011 do Parlamento e do Conselho Europeu de 25 de outubro de 2011, capítulo IV, secção 1, artigo n 9, nº1, todos os rótulos alimentares são obrigados à “indicação de todos os ingredientes ou auxiliares tecnológicos enumerados no anexo II ou derivados de uma substância ou produto enumerados no anexo II que provoquem alergias ou intolerâncias, utilizados no fabrico ou na preparação de um género alimentício e que continuem presentes no produto acabado,

mesmo sob uma forma alterada”, sendo que no anexo II se encontram alimentos com glúten. Desta forma um doente celíaco tem a segurança de poder encontrar nos rótulos dos alimentos inscrições como “contém glúten” ou “isento de glúten” no caso de não o ter na sua constituição.

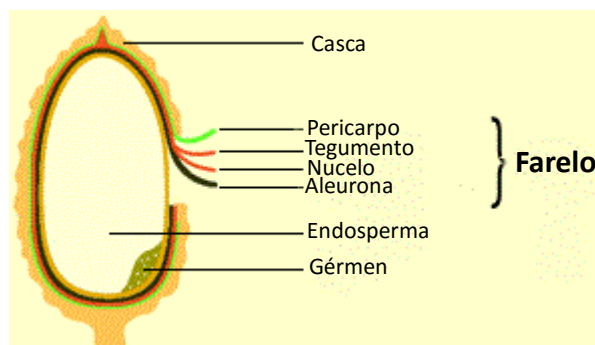
### **1.3 Arroz**

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais com maior produção e consumo, unicamente ultrapassado pelo milho e pelo trigo. Apenas se consome arroz como ingrediente em produtos processados como produtos de panificação sendo que a sua grande utilização é na forma de grão. Este é uma excelente fonte de proteínas, vitaminas, minerais, baixo teor de lípidos e alta concentração de amido, tornando-se numa excelente fonte de energia. A origem deste cereal remonta ao século XV a.C. na China onde existem dados sobre as primeiras culturas de arroz (Walter *et al.*, 2008).

Em 2013, registou-se em Portugal uma produção de arroz próxima das 180 mil toneladas (Estatísticas Agrícolas, 2013), situando-se em primeiro lugar como o país que mais consome arroz *per capita* da Europa, com 15 kg/habitante por ano (Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 2007). De acordo com a FAO (Food and Agriculture Organization) a produção mundial de arroz em 2014, obteve um aumento modesto de 0,8 por cento, para os 500,7 milhões de toneladas (arroz moído), uma vez que o setor foi afetado pela queda dos preços a nível mundial que se deveu em parte ao receio de uma repetição do fenómeno El Niño. Embora as perspetivas de arroz indiquem um ligeiro aumento, tal facto pode não ser suficiente para compensar o crescimento demográfico, sendo que poderá haver uma diminuição dos *stocks* no próximo ano.

#### **1.3.1 Aspetos morfológicos**

A estrutura de um grão de arroz (figura 5) caracteriza-se primeiramente pela cariopse e por uma camada protetora, a casca. Esta última é composta por duas folhas modificadas, a pálea e a lema, que correspondem a cerca de 20% do peso do grão. A cariopse, constituída pelo farelo, é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas denominadas por pericarpo, tegumento, nucelo e a camada de aleurona, representando 5 a 8% da massa do arroz integral. A camada de aleurona é constituída por duas estruturas de armazenamento, os grãos de aleurona (corpos proteicos) e os corpos lipídicos. O gérmen localiza-se no lado ventral da base do grão, é rico em proteínas e lípidos, e representa 2 a 3% do arroz integral. Por último, o endosperma constitui a maior parte do grão (89-94% do arroz integral) e consiste em células ricas em amido e alguns corpos proteicos (Juliano *et al.*, 1985).



**Figura 5-Estrutura do grão de arroz**  
 Fonte: Adaptado de <http://www.ricebranoil.info/>

### 1.3.2 Processamento industrial

Industrialmente (figura 6) o processo de produção do arroz começa pela receção da matéria-prima (arroz com casca). Este arroz chega com teores de humidade e impureza muito variáveis, uma vez que esta matéria-prima é adquirida de diversos produtores. A limpeza primária tem como objetivo peneirar o arroz de modo a retirar impurezas mais grosseiras para de seguida ser seco até atingir níveis de humidade entre 13% e 14%. Posteriormente, o arroz é armazenado dentro de silos para depois poder ser transformado e comercializado em quatro tipos de arroz diferentes: arroz integral, arroz branco polido, arroz vaporizado integral ou arroz vaporizado polido. Relativamente ao processo de produção que origina os dois tipos de arroz vaporizado, o processo começa com a vaporização onde os grãos com casca são emersos em água a uma temperatura entre os 68°C e os 72°C, sofrendo um pré-cozimento onde os nutrientes da película e do gérmen são passados integralmente para o grão. O sabor característico deste arroz e seu tom amarelado devem-se à mudança da estrutura do amido e fixação dos nutrientes. A limpeza secundária serve para retirar as últimas impurezas. De seguida ocorre o encharcamento onde o arroz é submetido a um pré-cozimento em água a uma temperatura entre os 68°C e os 72°C durante 6/7 horas de modo a que o grão de arroz retenha cerca de 30% de humidade, o que promove uma quebra das pontes de hidrogénio e das ligações de amido, facilitando a etapa da gelatinização. Na estufa o arroz fica cerca de 2 a 3 minutos a uma temperatura entre 400°C e 500°C para que a humidade do arroz, que veio do tanque de encharcamento cozinhe completamente o grão. Posteriormente os grãos de arroz são secos até atingirem uma humidade próxima de 13% para que não haja proliferação de fungos/insetos. No descascador, ocorre a remoção da casca através do atrito causado por dois rolos de borracha obtendo-se o arroz vaporizado integral. De seguida, o arroz é polido e ocorre a separação entre o farelo e o arroz, sendo que o farelo é um subproduto importantíssimo na obtenção de alimentos de valor acrescentado como é o caso dos produtos desenvolvidos nesta dissertação. Por último todos os grãos de arroz passam por um processo de seleção eletrónica (sensores óticos) que descartam qualquer grão

defeituoso, e são empacotados para chegar ao consumidor final. A obtenção de arroz integral acontece quando não existe vaporização, encharcamento, estufa e secagem, existindo apenas uma simples limpeza secundária e um descasque tal como indicado na figura 6. O arroz branco polido é em tudo semelhante ao arroz integral até a fase do descasque. De seguida é polido, fase onde ocorre a separação entre o farelo e o arroz, passa por um polidor que faz um acabamento ao grão pois retira a totalidade do farelo com o auxílio de um jato de água. Posteriormente passa por uma seleção eletrônica como referido anteriormente e segue para o brilhador, um equipamento que adiciona talco e glucose ao grão, deixando-o com um aspeto brilhante. Por último são empacotados para chegar ao consumidor final (Ludwig, 2004).

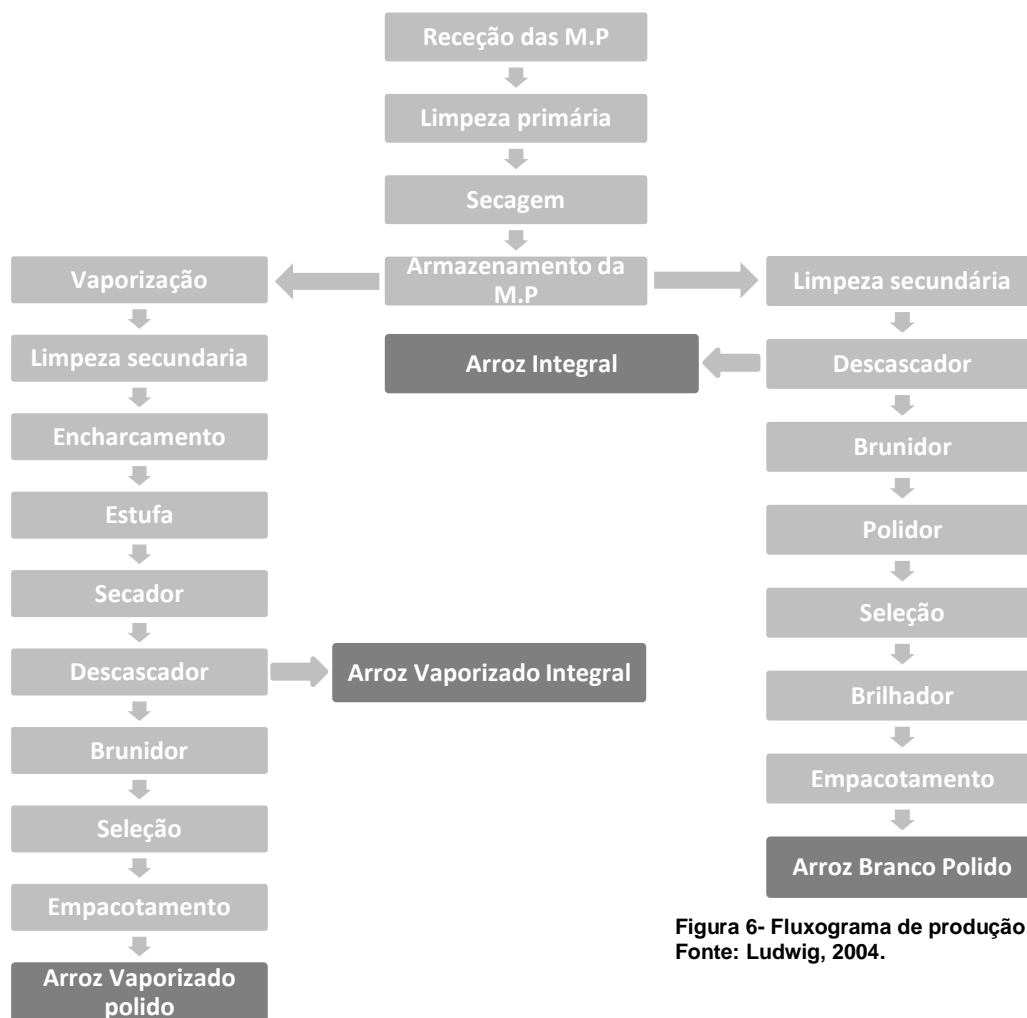


Figura 6- Fluxograma de produção de arroz.  
Fonte: Ludwig, 2004.

### 1.3.3 Composição química

Os diferentes processos de produção, como a vaporização, descasque e polimento, podem influenciar a composição química e o valor nutricional do arroz como se pode observar na tabela 3. No entanto, essas diferenças dependem de uma série de fatores que

estão diretamente associados às preferências do consumidor. Apesar de o arroz branco polido ser o tipo de grão mais consumido em alguns países, uma vez que possui um sabor neutro, que permite uma melhor combinação com outros alimentos, este contém menor teor de micronutrientes. Esta situação deve-se aos processos físicos que sofre industrialmente, onde são perdidas parte das vitaminas, minerais e fibras dietéticas (Storck *et al.*, 2005; Amato *et al.*, 2005).

Comparativamente, o arroz integral é mais nutritivo, uma vez que contém cerca de 10% de farelo que é rico em micronutrientes, principalmente minerais, vitaminas do complexo B e compostos bioativos, tais como  $\gamma$ -orizanol e homólogos da vitamina E (Heinemann *et al.*, 2005). Contudo é menos consumido devido ao seu sabor diferenciado e à sua reduzida vida de prateleira (Barata, 2005). É importante referir que o consumo do arroz integral e vaporizado tem vindo a aumentar, principalmente devido à procura por parte do consumidor por uma alimentação cada vez mais saudável.

**Tabela 3- Composição química média (% matéria seca) de arroz integral, branco polido e vaporizado polido.**

<b>Valor Nutricional (% m/m)</b>	<b>Arroz Integral</b>	<b>Arroz Branco Polido</b>	<b>Arroz Vaporizado Polido</b>
Lípidos	2,52	0,36	0,69
Amido	74,12	87,58	85,08
Proteína	10,5	8,94	9,44
Fibra	11,8	2,87	4,15
Cinza	1,15	0,30	0,67

Fonte: Storck *et al.*, (2005).

O amido é o nutriente que existe em maior quantidade no grão de arroz sendo um polissacárido constituído por uma longa cadeia de unidades de glucose, mais concretamente por moléculas de amilose e amilopectina. A amilose corresponde a um polímero de cadeia curta com mais de 1000 moléculas de  $\alpha$ -glucose unidas através de ligações  $\alpha$ -1,4-glicosídica. A amilopectina é constituída por cadeias longas e ramificadas mas neste caso as unidades de  $\alpha$ -glucose estão unidas através de ligações  $\alpha$ -1,4-glicosídica (Ball *et al.*, 1996). Aquando do consumo de arroz, a fração de amido presente só é fermentada no intestino grosso, sendo que relativamente ao amido resistente (AR) este pode ser comparado a uma fibra dietética, uma vez que é um alimento fermentado no intestino grosso, por ação das bifidobactérias (Sajilata *et al.*, 2006).

A qualidade sensorial do arroz é influenciada pela temperatura de gelatinização do amido e do seu conteúdo em amilose. O teor de amilose está diretamente correlacionado com o aumento de volume e a absorção de água durante a cozedura e com a dureza final e branqueamento do arroz cozido (Bergman *et al.*, 2004). Um grão de arroz com um elevado teor em amilose exhibe um grande aumento de volume e tende a ficar firme e seco depois



da cozedura. Em contraste, um grão de arroz com um baixo teor de amilose tende a ficar húmido e pegajoso depois de ser cozinhado (Manners, 1997; Juliano, 1983).

Existem três grandes grupos de arroz, o índica, japónica e o fragrante, distinguindo-se pelo teor de amido. A variedade de arroz índica (arroz agulha) é a variedade de grão longo e fino, na qual o amido tem um maior teor de amilose, que proporciona um arroz mais solto, uma vez que não absorve tanta água. Por outro lado, a variedade de arroz japónica (arroz carolino) é a variedade de grão arredondado, na qual o amido tem um menor teor de amilose, o que faz com que seja absorvida mais água durante a cozedura. Este tipo de arroz é bastante apreciado precisamente pela maior capacidade de absorver sabores. Por último a variedade de arroz fragrante é em tudo semelhantes à variedade índica, da qual faz parte o conhecido tipo de arroz basmati e jasmim (Walter *et al.*, 2008; Juliano, 1983).

### **1.3.4 Subprodutos do Processamento industrial**

#### **1.3.4.1 Casca**

A casca retirada dos grãos de arroz através do descasque mecânico representa o maior volume, cerca de 20%, entre os subprodutos da indústria arroseira. É um produto abrasivo, tem uma baixa densidade ( $80 - 160 \text{ kg/m}^3$ ) e um baixo valor nutritivo. O seu armazenamento e eliminação constituem um problema, e como tal, muitas indústrias optam por utilizá-lo como uma fonte de energia. Deste modo, as cascas são queimadas e a energia/calor libertado são usados para geração de vapor sendo que muitas vezes conseguem fornecer a energia necessária para o funcionamento das instalações. Ao ser queimada há uma grande produção de cinza, que por ser rica em sílica é usada industrialmente para fabricação de material refratário e cimentos com alta resistência à corrosão (Yúfera, 1998).

#### **1.3.4.2 Farelo**

O farelo é o subproduto mais importante da indústria do arroz, representando cerca de 8-8,5% do grão. A cariopse, que constitui o farelo, é formada por diferentes camadas sendo as mais externas denominadas por pericarpo, tegumento, nucelo e a camada de aleurona. Este subproduto é rico em proteínas hipoalergénicas, lípidos, vitaminas e sais minerais. É uma excelente fonte de vitaminas E e B como a tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina e ácido pantoténico (Alencar *et al.*, 1991; Hosney, 1991)

A sua composição apresentada na Tabela 4 mostra a sua riqueza em nutrientes, na forma integral e desengordurada. Em relação à proteína do farelo, esta varia entre 11 e 15%, sendo superior ao teor de proteína do trigo e do milho. Quando processado o farelo pode produzir entre 14% a 18% de óleo cru comestível além de outros produtos para a indústria cosmética e farmacêutica. Este óleo produzido possui ótimas qualidades nutricionais, sendo formado principalmente por triacilgliceróis, e por uma pequena quantidade de

fosfolípidos, glicolípidos e ácidos gordos (Hoseney, 1991). Ao retirar o óleo obtém-se farelo de arroz desengordurado (FAD) que possui cerca de 15% de proteínas, 10% fibras, bem como minerais, entre eles o ferro e o cobre que desempenha um papel importante na formação de insulina, zinco e magnésio que são fundamentais para o desenvolvimento do ser humano (Massaro *et al.*, 2002; Conte, 2000).

**Tabela 4- Composição química parcial de farelo de arroz integral e de arroz desengordurado.**

<b>Valor Nutricional</b>	<b>Farelo de Arroz Integral</b>	<b>Farelo de Arroz Desengordurado</b>
Proteína bruta (%)	11,54	15,33
Fibra bruta (%)	10,98	9,82
Cinza (%)	8,96	10,43
Cálcio (%)	0,03	0,11
Potássio (%)	1,87	1,93
Cobre (mg/kg)	4,19	20,18
Ferro (mg/kg)	82,65	286,87
Magnésio (mg/kg)	103,46	Não determinado
Zinco (mg/kg)	53,89	73,74

Fonte: Adaptado de Lima, 2007.

Outra característica importante do farelo de arroz é sua altíssima quantidade de fitinas (forma pela qual os fosfatos são armazenados), que varia entre 9,5% e 14,5%. O ácido fítico tem como função a quelação de metais, sendo importante na fixação do ferro, o que resulta em efeitos positivos para a saúde humana (Irga, 2008).

Entre os subprodutos da indústria arroseira o farelo constitui cerca de 12% do volume e destina-se principalmente a alimentação animal. Porém, por ser nutricionalmente muito rico pode ser valorizado na indústria alimentar. Contudo, tem um alto valor lipídico, estando sujeito a rápida deterioração por parte de enzimas lipolíticas, daí se se tenha de fazer a sua estabilização, originando um produto com potencial de aplicação alimentar. Desta forma aumenta-se o seu tempo de prateleira, nomeadamente em produtos de panificação e pastelaria destinados por exemplo à população celíaca (Fradinho *et al.*, 2014; Yúfera, 1998).

Quando é feita termicamente a estabilização provoca uma inativação enzimática que segundo Fradinho *et al.*, 2014 correspondeu a uma percentagem de mais de 90% de inativação, em condições de 138°C durante 51,5 min ou 150°C durante 31 min (para o farelo de arroz agulha). É importante realçar que durante o processo de estabilização do farelo não ocorrem alterações das características do seu óleo em termos de ácidos gordos (Fradinho *et al.*, 2014; Yúfera, 1998). Segundo Faria *et al.*, (2012), o processo térmico

diminui a humidade do farelo de forma mais eficiente, no entanto é um processo mais severo relativamente à conservação dos ácidos gordos. Por sua vez, o tratamento por microondas provoca menos alterações nos componentes do óleo do farelo, considerados benéficos para a saúde.

A fibra alimentar é uma componente importante na dieta, uma vez que exerce diversos efeitos fisiológicos benéficos para a saúde. É constituída pelas partes edíveis das plantas ou glúcidos análogos resistentes à digestão e absorção no intestino delgado, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Podem ser subdivididas em dois grupos, as fibras solúveis e as insolúveis. As fibras solúveis são constituídas por hemicelulose solúvel, pectina e betaglucanas e atuam no intestino retardando o esvaziamento gástrico (Bollinger, 1999). As fibras insolúveis contêm celulose, hemicelulose e lenhina e atuam ao nível do intestino grosso promovendo efeitos fisiológicos benéficos tais como aumento da motilidade intestinal, diminuição do colesterol, redução de glucose no sangue e promoção mais rápida da saciedade (Fiorda *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2008).

A maioria dos alimentos com fibra, contém na sua composição aproximadamente um terço de fibra solúvel e dois terços de fibra insolúvel (Wong *et al.*, 2007). Tendo em conta que da fibra total do farelo de arroz, cerca de 80% é insolúvel e 20% é solúvel, torna-se importante estudar o efeito da fibra insolúvel nos pacientes celíacos. A diabetes *mellitus* tipo 1 é uma das doenças que alguns doentes com DC têm, devido à possibilidade da coexistência desta doença com outras doenças autoimunes. Uma vez que a fibra insolúvel ajuda a reduzir a glucose no sangue, constata-se que é uma aliada no combate à doença (Nascimento *et al.*, 2012; Fiorda *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2008).

Por outro lado as fibras insolúveis ao terem um efeito laxativo natural poderão dificultar a normal absorção de nutrientes por parte dos doentes celíacos, devido à condição das suas vilosidades intestinais. Deste modo ao desenvolver produtos com incorporação de fibra proveniente por exemplo do farelo de arroz, é importante ter em conta a quantidade adequada a incorporar em cada alimento para que não só a população em geral como também a celíaca não seja afetada negativamente. No entanto, para garantir uma ingestão adequada, a proporção entre fibras solúveis e insolúveis presentes na nossa dieta deve ser equilibrada. Na tabela seguinte (tabela 5) está descrita a ingestão de fibra adequada para diferentes estágios de vida (Slavin, 2003).

Tabela 5- Níveis de ingestão de segurança (g/dia) de fibra total para diferentes estágios de vida. N.A- Não Aplicável.

Estágio de vida	Níveis de ingestão de segurança (g/dia)	
	Masculino	Feminino
1-3 anos	19	19
4-8 anos	25	25
9-13 anos	31	26
14-18 anos	38	26
19-50 anos	38	25
>51 anos	30	21
Grávidas	N.A	28
Lactantes	N.A	29

Fonte: Slavin, 2003.

A ingestão diária recomendada de fibra total para adultos com 50 anos e mais jovens foi fixado em 38 g para os homens e 25 g para as mulheres, enquanto para os homens e mulheres com mais de 50 anos a ingestão deve ser de 30 e 21 g de fibra por dia, respetivamente, devido à diminuição do consumo de alimentos (Slavin, 2003).

#### 1.3.4.3 Trinca de arroz

Os fragmentos de grãos são aqueles que estão partidos e não possuem os requisitos de qualidade para venda ao consumidor. Por norma resulta uma média de 15% de fragmentos que são vendidos ao consumidor como “Trinca de arroz”. Segundo o Decreto-Lei nº 62/2000 de 19 de Abril regulamentado pela Portaria nº 905/90, artigo 2, o grão partido ou trinca é o fragmento de grão cujo comprimento é igual ou inferior a três quartos do comprimento médio do grão inteiro e as trincas podem ser grada, média, miúda ou migalha de acordo com o seu tamanho. Algumas aplicações da trinca de arroz são o seu uso para fazer farinha de arroz, leite de arroz, snacks, arroz instantâneo, *pet food*, entre outras. (Yúfera, 1998).

Relativamente à farinha de arroz, esta é constituída por cerca de 90% de amido, 7 a 9% de proteínas e é muito rica em sais minerais como o fosfato, ferro, cálcio e vitaminas do complexo B (Sajilata *et al.*, 2006).

### 1.4 Produtos isentos de glúten

Os produtos isentos de glúten nomeadamente os produtos de panificação e as massas alimentícias, não apresentam as mesmas características estruturais dos produtos com glúten, uma vez que estes têm na sua composição as gliadinas, responsáveis por conferir extensibilidade e viscosidade às massas e as gluteninas responsáveis pela sua

elasticidade e coesividade (Delcour *et al.*, 2012; Sciarini *et al.*, 2012). A presença destas proteínas permite, por exemplo, que o pão apresente alvéolos bem definidos. Por outro lado, a ausência de glúten faz com que a estrutura dos produtos seja mais friável, compacta e semelhante a um gel (onde a fase dispersa é um líquido e a fase contínua um sólido) (Dobraszczyk, *et al.*, 2001). Para além disso são massas com pouca resistência e sem capacidade para reter o CO<sub>2</sub> produzido durante a fermentação. O desafio do desenvolvimento de produtos sem glúten baseia-se na dificuldade em desenvolver uma massa levedada que se assemelhe a uma espuma (onde a fase dispersa é um gás e a fase contínua é um líquido). Vários estudos demonstraram que o uso de aditivos como goma xantana, hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), alginato de sódio, carragenato, pectina, goma guar, carboximetilcelulose, entre outros, ajudaram a superar este problema tecnológico (Lazaridou, *et al.* 2007; Sciarini, *et al.*, 2010; Crockett, *et al.*, 2011).

### **1.5 Análise sensorial**

A análise sensorial é uma ciência usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações às características dos alimentos tal como são percebidos pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição (Estevão, 2014) Quando se desenvolvem novos produtos é fundamental conhecer a aceitabilidade do consumidor pois o objetivo principal de uma empresa é vender os produtos que fabrica. A caracterização sensorial está intimamente ligada à avaliação da textura de forma instrumental, sendo fundamental estabelecer uma correlação entre as duas de modo a minimizar o recurso a painéis de provadores e consequentemente reduzir os custos do processo de desenvolvimento (Sousa, 2001). Ao desenvolver produtos, a análise sensorial permite saber qual a preferência dos provadores entre as formulações estudadas de modo a que também se realizem todas as análises tecnológicas necessárias.

Um consumidor ao avaliar um produto tem em conta essencialmente quatro fatores de qualidade, a aparência, sabor, textura e características nutricionais. No entanto, no ato de compra o consumidor também pondera sobre o custo, a conveniência e o tipo de embalagem, sendo que estes fatores não são considerados fatores de qualidade dos alimentos (Bourne, 1982; Sousa, 2001).

### **1.6 A reologia no desenvolvimento de produtos**

A Reologia, iniciada por E. C. Bingham em 1928, é a ciência que estuda o escoamento e a deformação dos materiais. Laboratorialmente as determinações reológicas fornecem informações acerca da forma como um certo material reage quando sujeito a uma determinada tensão.

No ramo alimentar a Reologia tem vindo a ganhar importância tanto do ponto de vista fundamental como prático. Do ponto de vista fundamental nem sempre é fácil prever o

comportamento mecânico de um produto uma vez que está dependente da sua complexidade em termos de composição e também dos processamentos a que são submetidos. Por serem dois biopolímeros responsáveis pela estrutura dos alimentos, com o aumento da competitividade nacional e internacional, alguns tipos de sistema proteína/polissacárido têm sido utilizados de forma inovadora. Porém, as interações destes sistemas são ainda hoje origem de debate, daí a importância que a reologia tem vindo a demonstrar ao longo dos anos.

Do ponto de vista prático deve-se às implicações tecnológicas, no melhoramento, controlo das propriedades funcionais e desenvolvimento novos produtos. Com o passar dos anos os consumidores tornaram-se cada vez mais exigentes e como tal os produtos têm de corresponder às expectativas, reunindo determinadas propriedades sensoriais e mecânicas (Castro, 2003).

Na indústria alimentar, a Reologia é importante em quatro áreas fundamentais, o controlo de qualidade, o controlo do processo e conceção das linhas de fabrico e o desenvolvimento de novos produtos (Sousa, 2001). No controlo de qualidade, por exemplo na caracterização da farinha de trigo, são efetuados testes reológicos que determinam o destino a dar a cada farinha de acordo com a sua classificação. Se forem classificadas como fortes são utilizadas na panificação, se forem fracas utilizam-se no fabrico de bolachas (Sousa, 2001). Estes resultados têm um efeito determinante na microestrutura e consequentemente nas propriedades reológicas dos alimentos. Relativamente ao desenvolvimento de novos produtos a textura e a consistência são propriedades fundamentais que através da reologia permitem avançar no desenvolvimento do produto sem recurso a um painel de provadores, com a consequente economia de tempo e custos (Sousa, 2001).

### **1.6.1 Análise da textura**

A textura é uma das propriedades mais importantes nos produtos de panificação e massas alimentícias, aliada ao sabor e aparência (Bourne, 1982). É um dos fatores decisivos na aceitabilidade dos produtos por parte dos consumidores. No desenvolvimento de produtos, quando propriedades como a textura e consistência são características fundamentais no alimento, existe um domínio da reologia chamada de psicorreologia, que estabelece as relações entre os resultados das análises sensoriais e das medições instrumentais destes parâmetros (Sousa, 2001).

A análise do perfil de textura (TPA) é um método objetivo para avaliar estas propriedades tendo tido como pioneira a Dra. Alina Szczesniak em 1963 que definiu os primeiros métodos de análise dos parâmetros de textura. Este teste imita as condições em que os alimentos são submetidos durante o processo de mastigação, envolvendo duas

penetrações/compressões intervaladas entre si, simulando a ação de duas dentadas no alimento e como tal também é conhecido como o teste das duas dentadas (Sousa, 2001). A partir deste teste obtém-se um texturograma que pode ser representado através da Força versus Tempo (figura 7) ou de Força versus Distância, a partir do qual podem ser calculados os parâmetros primários de textura, firmeza, coesividade, elasticidade e adesividade e os secundários, fraturabilidade, gomosidade e mastigabilidade, discriminados na tabela 6 (Szczesniak, 2002).

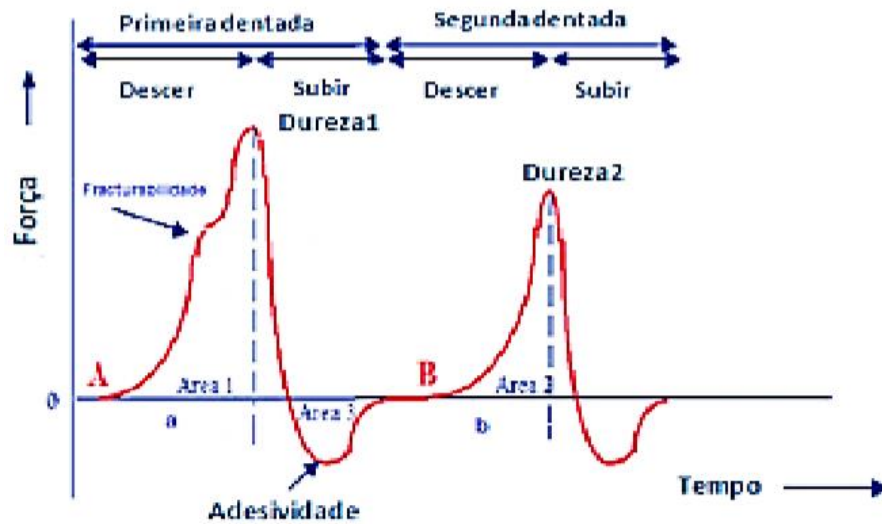


Figura 7- Curva de Força versus Tempo obtida através de um teste TPA.  
Fonte: Bourne, 1982.

Tabela 6- Parâmetros calculados através do teste de TPA e respectivas definições e fórmulas de cálculo.

		Parâmetro	Definição	Medição
Parâmetros Primários		Firmeza	Força máxima que ocorre durante a primeira compressão. A dureza não necessita de ocorrer no ponto mais profundo da compressão, embora seja uma situação típica para a maioria dos produtos	Força máxima que ocorre durante a primeira compressão
		Coesividade	A coesividade é o quão bem o produto resiste a uma segunda deformação em relação à sua resistência à primeira deformação	$\frac{\text{Área 2}}{\text{Área 1}}$
		Elasticidade	A elasticidade é o quão bem um produto recupera fisicamente entre a primeira compressão e o início da segunda	$\frac{\text{Tempo 2}}{\text{Tempo 1}}$ ou $\frac{\text{Distância 2}}{\text{Distância 1}}$
		Adesividade	Adesividade é a capacidade do produto para recuperar sua altura original, sendo medida através da retirada da primeira penetração, antes do período de espera ser iniciado	$\frac{\text{Área 5}}{\text{Área 4}}$
		Fraturabilidade	Nem todos os produtos fraturam mas quando o fazem o ponto de fraturabilidade ocorre onde o gráfico apresenta o seu primeiro pico significativo (onde a força decresce) durante a primeira compressão da sonda	Pico de força em F1
Parâmetros Secundários		Gomosidade	A gomosidade está relacionada com a mastigabilidade desde que o produto não seja um semi-sólido e um sólido ao mesmo tempo	$\frac{\text{Área 2}}{\text{Área 1}} \times \text{Firmeza}$
		Mastigabilidade	A mastigabilidade está relacionada com a gomosidade desde que o produto não seja um semi-sólido e um sólido ao mesmo tempo	Gomosidade $\times$ Elasticidade

Fonte: <http://texturetechnologies.com/index.php>



Atualmente, para realizar uma avaliação da textura de alimentos recorre-se a um texturómetro (figura 8-A)). Este equipamento possui uma célula de carga de peso variável e os testes devem ser efetuados a uma temperatura controlada. A avaliação da textura ocorre através do uso de sondas que variam consoante o tipo de teste e alimento a analisar. Na figura 8-B) apresentam-se algumas sondas, que podem ser utilizadas para efetuar os testes de avaliação da textura, nomeadamente uma sonda de aço inoxidável, uma sonda de corte, uma sonda cilíndrica e uma sonda A/TG (*tensile grips*).

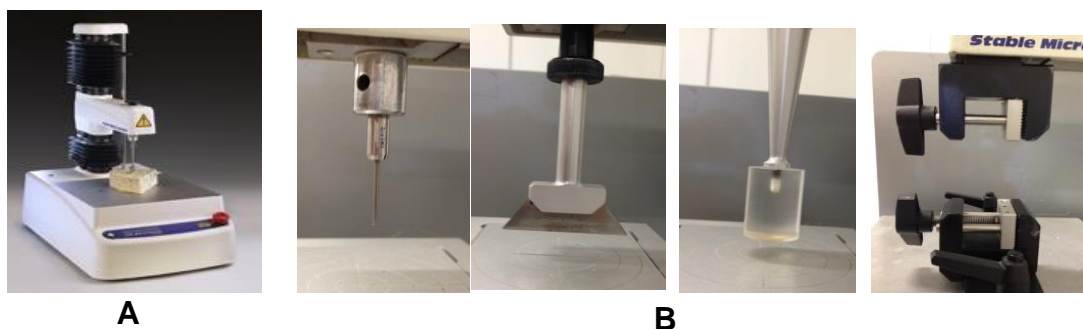


Figura 8- A) Texturómetro TA-XT plus (Stable MicroSystems, UK) durante a realização de um teste. B) Da esquerda para a direita: sonda de aço inoxidável, sonda de corte, sonda cilíndrica e uma sonda A/TG (*tensile grips*).  
A) Fonte: <http://www.stablemicrosystems.com/>

### 1.6.2 Análise das propriedades viscoelásticas

O comportamento reológico de um produto é muito variado e complexo dependendo das condições a que foram submetidos, quer ao nível das tensões e da velocidade de deformação em corte, quer em função do tempo de solicitação e temperatura (Morais *et al.*, 2001). Tendo isto em conta, não existe uma lei constitutiva que seja capaz de descrever o comportamento dos materiais através de todas as variáveis (tensão, deformação, velocidade de deformação, tempo, temperatura, etc.) e que seja aplicável em todas as circunstâncias (Morais *et al.*, 2001).

A caracterização reológica dos materiais é feita tendo em conta três estados estruturais: o estado sólido linear elástico, o fluido perfeito e o material viscoelástico. No primeiro, também designado como sólido de Hooke, existe uma relação proporcional e independente do tempo entre as tensões e as deformações no qual após remoção da tensão aplicada se verifica uma recuperação total da deformação do material (Castro, 2003). O fluido perfeito ou fluido de Newton é um fluido incompressível onde nenhuma tensão tangencial pode existir. A resistência ao escoamento resultante do atrito entre camadas de fluido é denominada por viscosidade. Os fluidos perfeitos seguem a lei de Newton, segundo a qual a viscosidade é constante. No entanto, a maioria dos produtos alimentares apresentam viscosidades que variam com a velocidade de deformação e portanto são classificados como fluidos não newtonianos que se comportam como

materiais viscoelásticos, combinando as características de um fluido viscoso com as de um sólido elástico.

Os desvios ao comportamento newtoniano de acordo com a dependência da viscosidade em relação à velocidade de deformação são os fluidos reoespessantes e reofluidificantes, representados nas curvas de escoamento da figura 9 (Castro, 2003).

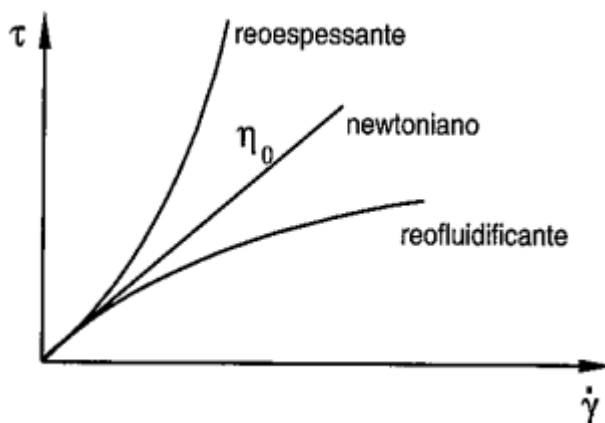
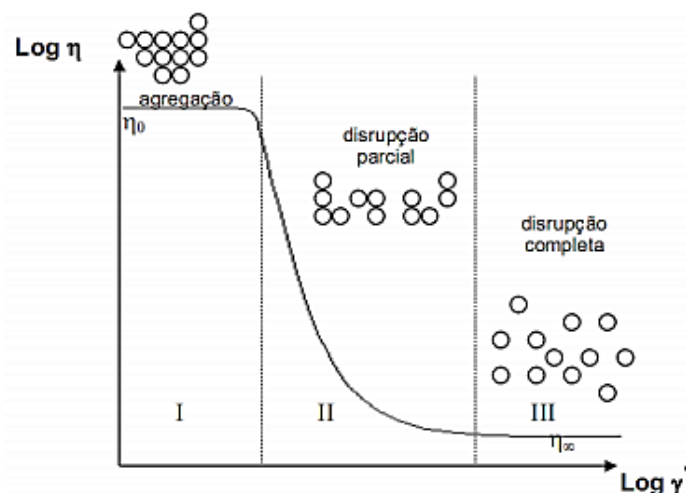


Figura 9- Curva de escoamento (tensão de corte em função da velocidade de deformação) representativa dos diferentes tipos de comportamento reológico.  
Fonte: Castro *et al.*, (2003).

Quando um material é designado por fluido reoespessante, a viscosidade aumenta com a velocidade de deformação. Uma dispersão de amido em água é um exemplo prático deste caso. Em repouso, as partículas depositam-se ocupando o menor espaço possível onde a quantidade de líquido que existe nos espaços interpartículas exerce um efeito de lubrificante. Ao aumentar a velocidade de deformação, as partículas bloqueiam-se, aumentando a resistência ao escoamento e ocorre o aumento da viscosidade. Não só o grau de reoespessamento depende da concentração como também da distribuição do tamanho das partículas e da viscosidade da fase contínua (Castro, 2003).

Por outro lado, num fluido reofluidificante a viscosidade aparente diminui com o aumento da velocidade de deformação em corte, sendo a maionese um produto exemplar deste caso concreto. A figura 10 permite obter uma melhor compreensão deste fluido.



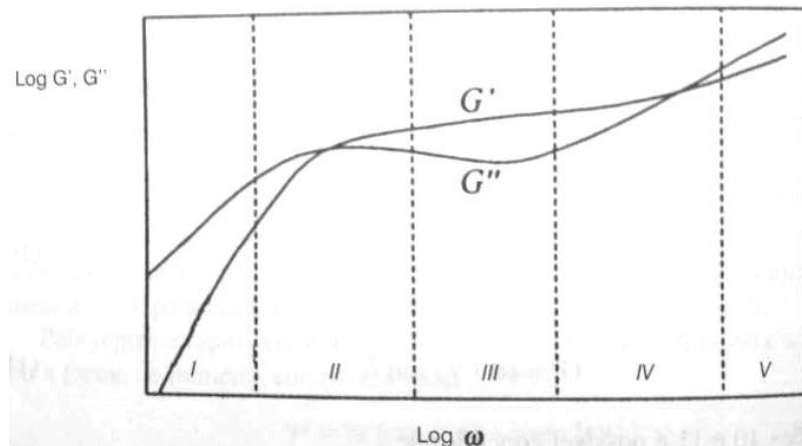
**Figura 10- Variação da viscosidade com a velocidade de deformação e respectivas mudanças estruturais de um fluido com comportamento reofluidificante.**  
**Fonte: Raymundo, (1999).**

Como se pode observar, a figura 10 representa uma curva de viscosidade típica de uma emulsão, caracterizada por três regiões bem distintas, com comportamentos estruturais diferenciados (Mitchell, 1979). A região I é a zona de baixas velocidades de deformação onde o fluido tem um comportamento newtoniano caracterizado por uma viscosidade limite,  $\eta_0$ , que corresponde ao máximo valor que o sistema pode tomar naquelas condições de pressão e temperatura. Na zona intermédia (região II) a velocidade de deformação é intermédia e o fluido comporta-se como sendo reofluidificante ocorrendo um decréscimo da viscosidade com a velocidade de deformação. Por último, na região III onde existem elevadas velocidades de deformação é notório um novo comportamento newtoniano, caracterizado por uma viscosidade limite  $\eta_\infty$  (Raymundo, 1999).

É possível realizar vários testes oscilatórios aos produtos alimentares, consoante o varrimento, que pode ser realizado em tensão, frequência, tempo ou temperatura. Para a determinação da zona de viscoelasticidade linear onde  $G'$  (módulo elástico ou de armazenamento que mede a energia armazenada) e  $G''$  (módulo viscoso ou de dissipação que mede a energia dissipada) se mantêm constantes, é utilizado o teste de varrimento de tensão. Neste teste determina-se a máxima tensão ou deformação que é possível aplicar ao produto sem que haja uma destruição da sua estrutura interna. Num teste de varrimento em frequência, ao descrever o comportamento viscoelástico de um material pela variação de  $G'$  e  $G''$  com a frequência obtém-se uma curva designada como espectro mecânico.

Através da figura 11 é possível distinguir quatro regiões do espectro mecânico de materiais viscoelásticos. Na região I (região terminal ou viscosa) o módulo  $G''$  é superior ao  $G'$  sendo que todos os materiais exibem esta região inclusivamente os sólidos. Porém, os valores de

frequência para os sólidos são de tal forma baixos que os instrumentos oscilatórios não conseguem detetar esta zona. Na região II (região de transição) é possível observar uma zona de transição dos módulos a uma dada frequência. Na região III (região de Plateau) o módulo  $G'$  domina sobre o módulo  $G''$  enquanto na região IV designada também como zona de transição o valor de  $G''$  aumenta novamente acabando por ser superior a  $G'$ . Por fim, a região vítrea (região V) situa-se no fim da curva onde  $G''$  predomina de forma mais acentuada que  $G'$  (Castro, 2001).



**Figura 11- Regiões do espectro mecânico de materiais viscoelásticos.**  
**Fonte: Castro, 2001.**

Atualmente para realizar testes oscilatórios (por exemplo testes de varrimento de tensão e varrimento de frequência) em alimentos, pode recorrer-se a um reómetro de tensão controlada (figura 12). A avaliação da estrutura pode ser feita através do uso de dois pratos paralelos ou de um prato e de um cone. O tipo de avaliação depende do teste e da estrutura e composição do alimento a analisar.



**Figura 12- Reómetro (MAR III, Haake, Alemanha)**  
**Fonte: <http://www.directindustry.com/>**

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Ingredientes

Para o desenvolvimento das formulações de bolachas, bases de pizza, pão e massas alimentícias foi utilizada farinha e farelo de arroz agulha, carolino e vaporizado, gentilmente cedidos pela empresa NovaArroz, sediada em Oliveira de Azeméis. Relativamente ao ovo em pó, este foi, gentilmente cedido pela empresa Derovo, sediada em Pombal. Os restantes ingredientes foram: açúcar (Sidul), óleo (Fula), leite em pó (Molico), baunilha em pó (Cimarron), fécula de batata (Globo), amido de milho (Maizena), fermento (Continente), levedura (Fermipan) polvilho doce (Cajumar), lecitina de soja (Degussa), sal (Auchan), goma xantana (Degussa), ovos frescos (Pingo Doce), SSL-esterol lactilato de sódio e farinha de milho (Ceifeira).

### 2.2 Metodologia

Os produtos desenvolvidos a partir de subprodutos da indústria arroseira nomeadamente, as bolachas, bases de pizza, pães e massas alimentícias foram caracterizados em termos físicos e químicos como representado de forma sucinta na figura 13.

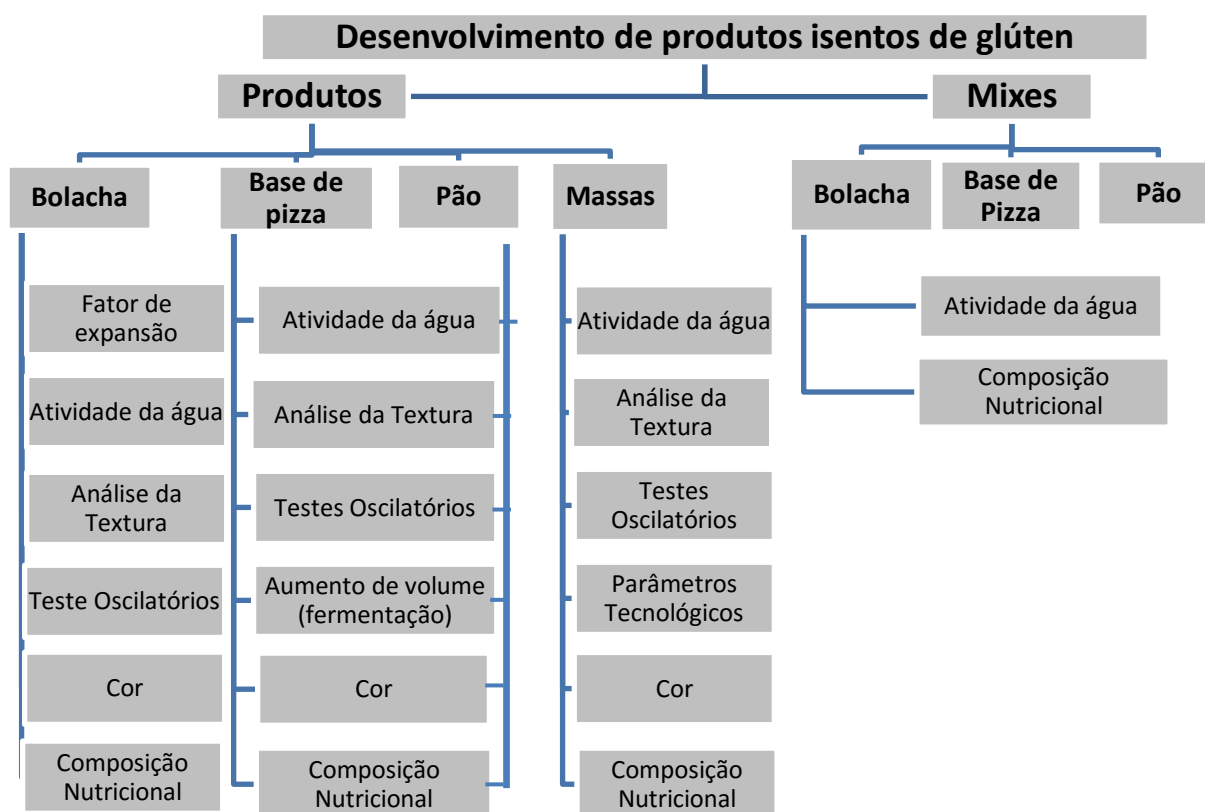


Figura 13- Caracterização dos estudos físicos e químicos feitos para os produtos desenvolvidos isentos de glúten.

Para cada produto testaram-se diversos teores de farelo com três granulometrias diferentes. Foi feita uma seleção preliminar da quantidade ideal de farelo e a respectiva granulometria, tendo em conta uma análise sensorial restrita e as condições de processamento possíveis.

### 2.2.1 Preparação de bolachas com e sem farelo

Tendo como base uma dissertação desenvolvida por uma aluna do Instituto Superior de Agronomia, partiu-se de uma formulação base de bolachas isentas de glúten, constituída por farinha de arroz, açúcar, óleo, fermento, água e lecitina de soja, a partir da qual foi feita uma otimização da mesma como apresentado na tabela 7.

**Tabela 7-Formulação otimizada para elaboração de bolachas isentas de glúten.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidades (% m/m)</b>
Farinha de arroz carolino	<b>30,9*</b>
Açúcar	22,3
Água	14,7
Óleo	11,8
Leite em pó	11,8
Fécula de batata	6,2
Fermento	0,9
Lecitina de soja	0,9
Sal	0,4
Baunilha em pó	0,2

\*Parte será substituída por farelo de arroz.

O bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) mais comumente conhecido por fermento, é uma substância natural alcalina, produzida a partir das cinzas de sódio, que quando em presença de um ácido liberta  $\text{CO}_2$  na forma de bolhas de ar. A distribuição destas bolhas deve ser homogênea, de modo a que este gás seja bem distribuído e a massa cresça de uma forma uniforme (Canella-Rawls, 2012). A lecitina de soja teve uma função emulsionante, que melhora a textura das bolachas uma vez que contribui para o aumento de volume e retenção de humidade (Phillips e Williams, 2009).

O processo de fabrico das bolachas resultantes está apresentado no diagrama da figura 14.

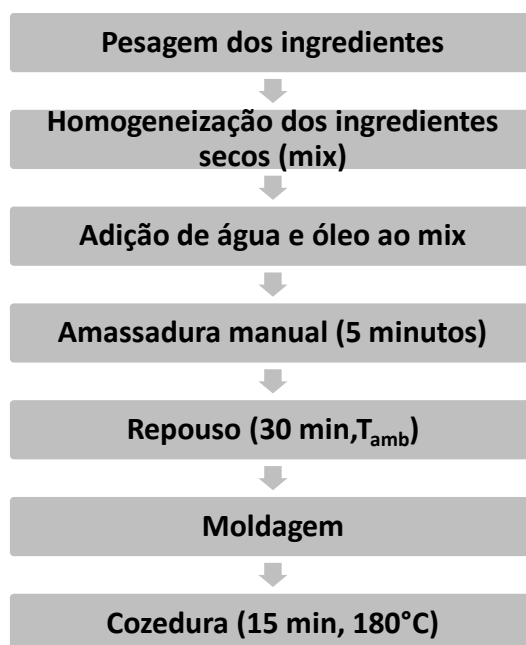


Figura 14- Diagrama do processo de fabrico de bolachas isentas de glúten.

O processo produtivo tem como primeira etapa a pesagem das matérias-primas descritas na formulação da tabela 7. De seguida, são adicionados água e óleo à mistura das matérias-primas secas (mix), para que se possa realizar a amassadura. Na etapa seguinte, a massa fica a repousar durante 30 minutos à temperatura ambiente ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), sendo que ao fim deste tempo é moldada em círculos com 30 mm de diâmetro e cozida em forno a  $180^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos. As bolachas são deixadas a arrefecer à temperatura ambiente ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), e colocadas em frascos de vidro.

No caso das bolachas com a incorporação de farelo, utilizou-se a mesma receita (tabela 7) e o mesmo processamento (figura 14), sendo a única diferença a substituição de parte da farinha de arroz pelo farelo a incorporar.

### 2.2.2 Preparação de bases de pizza com e sem farelo

Tendo como base uma dissertação desenvolvida por uma aluna do Instituto Superior de Agronomia partiu-se uma formulação de base de pizza para o efetuar o estudo do impacto da granulometria do farelo de arroz nas características tecnológicas e sensoriais do produto em estudo (tabela 8).

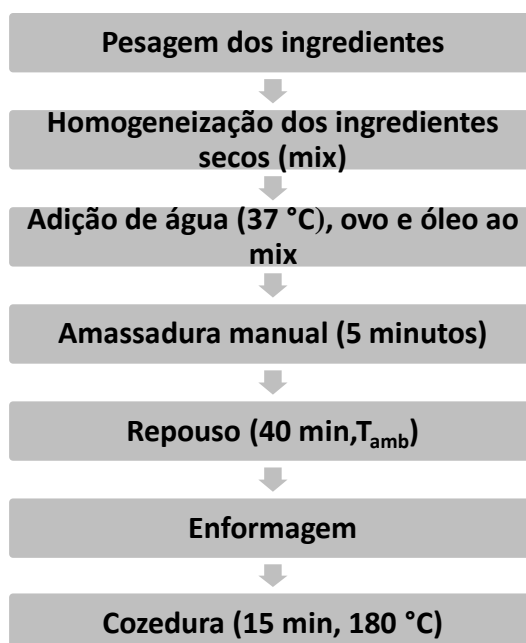
**Tabela 8-Formulação de base de pizza isenta de glúten.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidades % (m/m)</b>
Farinha de arroz agulha	<b>37,16*</b>
Água	22,1
Ovo	17,7
Amido de milho	12,1
Óleo	3,5
Levedura	2,5
Fermento	1,8
Açúcar	1,5
Goma xantana	1
Sal	0,6

\*Parte será substituída por farelo de arroz.

O uso da goma xantana teve a função de espessante uma vez que apresenta um comportamento reológico único. Mesmo em baixas concentrações apresenta uma viscosidade e estabilidade elevadas, numa faixa ampla de temperaturas e pH, além de ser compatível com muitos sais e ácidos presentes nos alimentos (Phillips e Williams, 2009). A levedura utilizada na formulação das bases de pizza teve como objetivo a produção de CO<sub>2</sub> na massa, através da fermentação alcoólica dos açúcares presentes com o objetivo de modificar as propriedades reológicas da massa, tornando-a mais elástica e porosa. (Nunes, *et al.*, 2006; Pattison, *et al.*, 2001).

O processo de fabrico das bases de pizza resultantes está apresentado no diagrama da figura 15.



**Figura 15-Diagrama do processo de fabrico de bases de pizza isentas de glúten.**



O processo de fabrico apresentado tem como primeira etapa a pesagem das matérias-primas descritas na tabela 8. De seguida, adicionou-se água (37°C), ovo e óleo à mistura das matérias-primas secas (mix), e amassou-se manualmente durante 5 minutos. De seguida, a massa ficou em repouso durante 40 minutos à temperatura ambiente (20±2°C), sendo que ao fim deste tempo foi enformada e cozida em forno a 180°C durante 15 minutos. Por último, as bases para pizza foram deixadas a arrefecer à temperatura ambiente (20±2°C).

No caso das bases de pizza com a incorporação de farelo, utilizou-se a mesma receita (tabela 8) e o mesmo processamento (figura 15), sendo a única diferença a substituição de parte da farinha de arroz pelo farelo a incorporar.

### 2.2.3 Preparação dos pães com e sem farelo

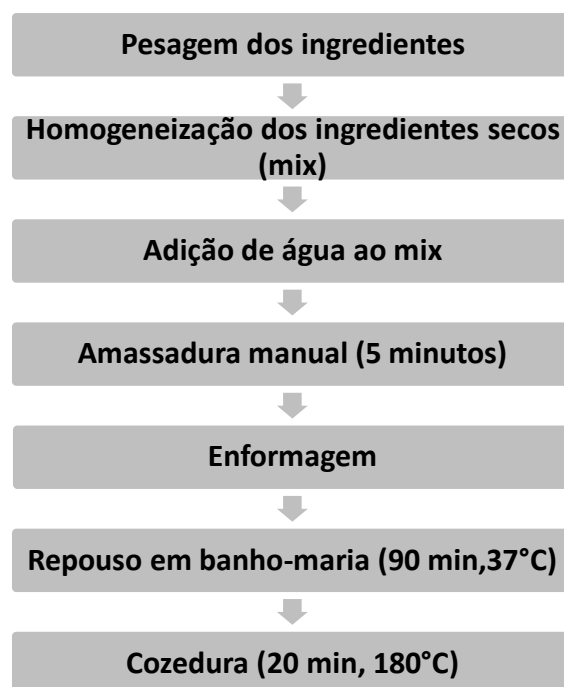
Tendo como base uma dissertação desenvolvida por uma aluna do Instituto Superior de Agronomia partiu-se de uma formulação de pães para efetuar o estudo do impacto da granulometria do farelo de arroz nas características tecnológicas e sensoriais do produto em estudo (tabela 9).

Tabela 9-Formulação de pão isento de glúten.

Ingredientes	Quantidades (% m/m)
Farinha de arroz carolino	41,3*
Água	37,3
Polvilho doce	7,0
Fécula de batata	7,0
Ovo em pó	3,3
Açúcar	1
Fermento	1
Levedura	1
Sal	0,5
SSL- esteroil lactilato de sódio	0,5

\*Parte será substituída por farelo de arroz.

Na preparação dos pães com e sem incorporação de farelo foi utilizado sal uma vez que para além de dar sabor ao produto, contribui para que a levedura incorporada não atue tão rapidamente, esgotando os açúcares presentes que provoca o colapso da massa ao rebentarem todas as bolhas, por excesso de produção de CO<sub>2</sub> (El-Dash, *et al.*, 1994; Kent, 1994). O processo de fabrico dos pães resultantes está apresentado no diagrama da figura 16.



**Figura 16-Diagrama do processo de fabrico de pão isento de glúten.**

O processo de fabrico apresentado tem como primeira etapa a pesagem das matérias-primas descritas na tabela 9. De seguida, foi adicionada água à mistura das matérias-primas secas (mix), e amassou-se manualmente durante 5 minutos. Depois, a massa foi enformada ficando a levedar em banho-maria durante 90 minutos à temperatura de 37°C, sendo que ao fim deste tempo foi cozida em forno a 180°C durante 20 minutos. Por último, cada pão é desenformado e deixado a arrefecer à temperatura ambiente (20±2°C).

No caso dos pães com a incorporação de farelo, utilizou-se a mesma receita (tabela 9) e o mesmo processamento (figura 16), sendo a única diferença a substituição de parte da farinha de arroz pelo farelo a incorporar.

#### **2.2.4 Preparação das massas alimentícias com e sem farelo**

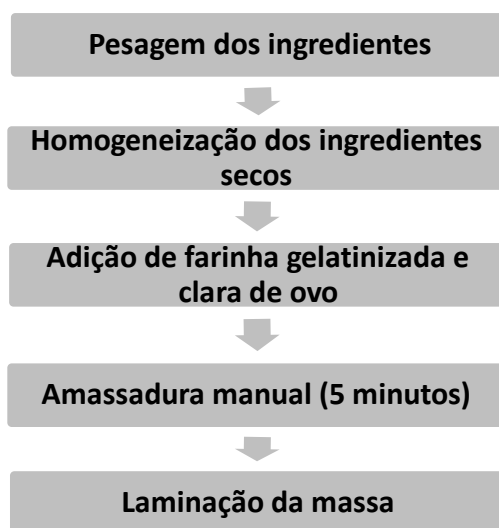
Tendo como base uma dissertação desenvolvida por uma aluna do Instituto Superior de Agronomia partiu-se de uma formulação de massas alimentícias para efetuar o estudo do impacto da granulometria do farelo de arroz nas características tecnológicas e sensoriais do produto em estudo (tabela 10).

**Tabela 10-Formulações de massas frescas isentas de glúten (controlo e com incorporação de farelo).**

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidades (% m/m)</b>
Farinha de arroz carolino gelatinizada	44,3
Farinha de milho	<b>42,3*</b>
Clara de ovo	12,9
Sal	0,5

\*Parte será substituída por farelo de arroz.

O processo de fabrico das massas frescas resultantes está apresentado no diagrama da figura 17.



**Figura 17-Diagrama do processo de fabrico de massas frescas isentas de glúten.**

O processo de fabrico apresentado tem como primeira etapa a pesagem das matérias-primas descritas na tabela 10. De seguida, foram adicionadas farinha de arroz carolino gelatinizada e clara de ovo à mistura das matérias-primas secas, e amassou-se manualmente durante 5 minutos. Depois, a massa foi laminada em *tagliatelle* e posteriormente cozida durante 3 minutos. Por último, cada formulação de massa fresca foi escorrida e deixada a arrefecer.

No caso das massas alimentícias frescas com a incorporação de farelo, utilizou-se a mesma receita (tabela 9) e o mesmo processamento (figura 17), sendo a única diferença a substituição de parte da farinha de milho pelo farelo a incorporar.

### **2.2.5 Índice de Absorção de Água e Solubilidade do farelo**

O índice de absorção de água e solubilidade do farelo obtiveram-se através do método desenvolvido por Leach *et al.*, (1959). Este método consiste na suspensão da amostra de farelo num volume conhecido de água que sofre uma agitação à temperatura ambiente ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) durante 30 minutos, de seguida é centrifugada a 10 000g durante 10 minutos e obtém-se o peso do sedimento que permite expressar o índice de absorção de água em

g/g. A solubilidade do farelo é obtida através da secagem em estufa do sobrenadante a  $103\pm 2$  °C e expressa como a percentagem solúvel (g/100g).

Todas as análises foram efetuadas em triplicado e submetidas a tratamento estatístico.

### 2.2.6 Análise sensorial

A realização das provas sensoriais das bolachas, bases para pizza, pão e massas frescas, foi feita por um painel de 50 provadores não treinados onde foram avaliados os atributos mais relevantes ao tipo de produto em cada prova. Para tal, foi criado um questionário para cada alimento (Anexo 1 e 2) e os resultados foram analisados por perfil sensorial (ISO 13299:2003) e representação gráfica (em coordenadas polares) relativamente aos atributos avaliados.

Cada provador do painel foi instruído sobre a forma mais correta de realizar a análise sensorial e a importância de enxaguar a boca com água entre cada degustação. Para iniciar a prova cada pessoa recebeu uma amostra controlo e as amostras correspondentes à incorporação de farelo nos alimentos em estudo. Todas as amostras foram codificadas com três letras diferentes.

Esta análise sensorial foi o ponto de partida para saber qual a preferência dos provadores em relação aos produtos desenvolvidos com diferentes granulometrias de farelo de arroz. Através da escolha foram efetuadas todas as análises tecnológicas necessárias com o objetivo de comparar as formulações com farelo com as formulações controlo de cada produto.

### 2.2.7 Determinação do Fator de Expansão das bolachas

Utilizando um paquímetro, mediu-se o diâmetro (D) e a altura (A) (figura 18). A razão entre estes dois parâmetros designa o fator de expansão das bolachas. As análises foram efetuadas em vinte bolachas de cada formulação tendo sido posteriormente efetuado o tratamento estatístico.



Figura 18-Medição do diâmetro de uma bolacha em estudo.

### 2.2.8 Determinação da $a_w$ dos mixes e dos produtos

A atividade da água ( $a_w$ ) define-se como a água disponível de um alimento, sendo que dependendo da sua maior ou menor disponibilidade ocorrem deteriorações ao nível da matriz alimentar. Durante o período de armazenamento os alimentos podem sofrer reações enzimáticas, químicas e microbiológicas.



Figura 19-Medição de  $a_w$  de um produto em estudo através do equipamento Hygrolab 3 (Rotronic, UK)

Quando os alimentos são pobres em água, nomeadamente com valores de  $a_w$  inferiores a 0,3 as únicas reações que ocorrem são as de oxidação lipídica. Para valores de  $a_w$  entre 0,40 e 0,80 surgem as reações enzimáticas e de escurecimento.

Para valores de  $a_w$  superiores a 0,90 os alimentos estão suscetíveis a contaminações microbiológicas (Castro, 2003). A determinação da  $a_w$  dos alimentos em estudo, foi feita através do equipamento *Hygrolab 3* (Rotronic, UK) e realizada à temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  (figura 19). Todas as análises foram efetuadas em triplicado e os resultados foram submetidos a tratamento estatístico.

### 2.2.9 Análise da textura das massas e dos produtos

A caracterização da textura das massas e dos alimentos foi realizada utilizando um texturómetro TA-XT *plus* (Stable MicroSystems, UK) equipado com uma célula de carga de 5 kg a temperatura controlada de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

A avaliação da textura das massas foi feita através da análise do perfil de textura (TPA), no modo de penetração (figura 20). Este teste imita as condições em que os alimentos são submetidos durante o processo de mastigação, envolvendo duas penetrações intervaladas entre si, simulando a ação de duas dentadas no alimento,

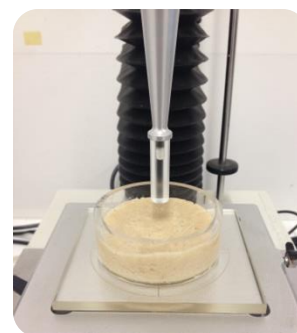


Figura 20-Texturómetro a efetuar um teste de perfil de textura (TPA) com uma sonda de 10 mm Ø.

e por isso também é conhecido como o teste das duas dentadas (Sousa, 2001). Cada massa é colocada num molde acrílico (52 mm de diâmetro e 24 mm de altura) e após um repouso de 15 min é penetrada até 40% da altura da massa por uma sonda de aço inoxidável de 10 mm, à velocidade de 0,5 mm/s. Para cada amostra foram efetuadas 5 repetições tendo sido executado o respetivo tratamento estatístico.

Os parâmetros que se revelaram como sendo os que mais discriminavam as amostras em estudo foram a firmeza (N), a adesividade (N.s) e a coesividade (adimensional), sendo que a firmeza é considerada como a maior resistência à penetração do cilindro até 40% da altura da massa e é definida como a força máxima. A adesividade é uma característica de materiais viscosos e pode ser definida como a resistência exercida pelo material quando a sonda está a ser retirada do mesmo. Este parâmetro corresponde à área negativa do texturograma. Por último a coesividade mede a capacidade da massa suportar a compressão e é expressa pelo rácio entre a área positiva do segundo e primeiro ciclo de compressão (Sousa, 2001).




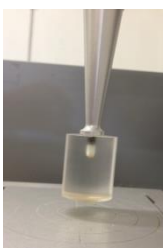

Relativamente à avaliação da textura das bolachas esta é expressa em termos de firmeza e avaliada através do uso de uma sonda de aço inoxidável de 2 mm de diâmetro, à velocidade de 0,5 mm/s que perfurou até 40% da altura da bolacha. A textura das bases de pizza foi realizada através de um teste de corte utilizando uma sonda em forma de lâmina

de aço inoxidável com 6 cm de comprimento, à velocidade de 0,5 mm/s que perfurou até 40% da altura da base. Analogamente foi avaliada a textura do pão através de uma sonda cilíndrica com 25 mm de diâmetro, à velocidade de 1 mm/s que perfurou até metade da altura da fatia de pão.

Por último, foi avaliada a textura das massas através de testes de corte e de extensão. Para o primeiro teste foi utilizada uma sonda em forma de lâmina de aço inoxidável com 6 cm de comprimento, à velocidade de 0,5 mm/s que perfurou até  $\frac{3}{4}$  da altura da base. Para o teste de extensão foi utilizada a sonda A/TG (*tensile grips*), onde se colocaram amostras de massa com 7 cm de comprimento e a velocidade do teste foi de 1 mm/s. Todas as características enunciadas estão descritas de forma sucinta na tabela 11.

Foram efetuadas pelo menos 10 repetições de cada amostra à temperatura controlada de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , tendo os resultados sido submetidos a tratamento estatístico.

Tabela 11-Condições dos testes de textura e caraterísticas.

Caraterísticas		Condições dos testes de textura				
do teste		TPA	Bolacha	Base de pizza	Pão	Massa
Sonda						
		10 mm Ø	2 mm Ø	6 mm Ø	25 mm Ø	6 mm Ø
Velocidade do teste		0,5 mm/s	0,5 mm/s	0,5 mm/s	1 mm/s	0,5 mm/s
Distância alcançada no alimento		40% da altura	40% da altura da bolacha	40% da altura da base	50% da altura da fatia de pão	40% da altura da massa
						Não aplicável

### 2.2.10 Testes oscilatórios

A caracterização reológica das massas de bolacha, bases de pizza, pão e massa fresca foi feita num reómetro de tensão controlada (MARS III (Haake, Alemanha) usando pratos paralelos serrados (PP20 – 20 mm Ø) com 1 mm de gap (figura 21).



Figura 21-Reómetro de tensão controlada a efetuar um teste de varrimento de frequências.

Após preparação, cada massa ficou à temperatura ambiente durante 20 min para que pudesse ocorrer estabilização da sua estrutura, à exceção das massas do pão que foram de imediato colocadas no reômetro a uma temperatura de 5°C de modo a retardar a fermentação. De seguida foi colocada no prato do reômetro a amostra, tendo sido posteriormente coberta com parafina líquida para prevenir possíveis perdas devido à desidratação. Efetuou-se o teste de varrimento de tensão a partir do qual se selecionou a tensão a aplicar no teste de varrimento de frequência a realizar posteriormente. Este último teste foi realizado à temperatura de 20°C, com um determinado intervalo de frequência e uma tensão oscilatória de amplitude constante contida na zona de viscoelasticidade linear. Através deste teste obtém-se um espectro mecânico que mostra a variação de G' (módulo elástico ou de armazenamento) e G'' (módulo viscoso ou de dissipação) com a frequência (f) e indica o tipo de organização da estrutura interna de cada amostra.

### 2.2.11 Análise da cor

A medição de cor das bolachas foi efetuada instrumentalmente utilizando um colorímetro (CR-400 Konica Minolta) que foi previamente calibrado com um prato de porcelana considerado como padrão branco ( $L^*94,62$   $a^*-0,54$   $b^*3,63$ ). Os parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) foram avaliados segundo o sistema CIELAB, onde  $L^*$  define a luminosidade (0 para preto e 100 para branco) e o  $a^*$  e  $b^*$  são os parâmetros responsáveis pela cromaticidade definindo-se respetivamente como o grau de vermelho ou verde (-60 para verde e +60 para vermelho) e o grau de amarelo ou azul (-60 para azul e +60 para amarelo).

Relativamente à avaliação deste parâmetro para as massas frescas, a diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) entre as amostras cruas e cozidas foi calculada com base na variação entre os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (equação 1).

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad \text{Equação 1}$$

Foram realizados pelo menos 8 repetições de cada amostra à temperatura ambiente ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) tendo sido submetidos a tratamento estatístico.

### 2.2.12 Determinação do aumento de volume da massa da base de pizza e do pão ao longo da fermentação

As massas das formulações desenvolvidas das bases de pizza e do pão foram colocadas em recipientes onde foram efetuadas medições do aumento de volume durante a fermentação (figura 22). Para a massa das bases de pizza mediu-se a

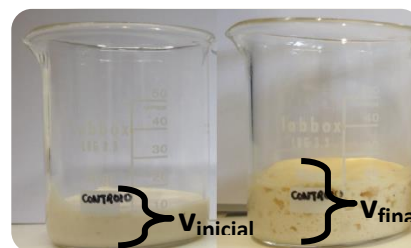


Figura 22-Esquematização da medição do volume antes e após a fermentação de uma massa.  
Fonte: o autor.

altura inicial e a altura final após 40 minutos de fermentação sendo que para o pão, a altura final foi medida após 90 minutos de fermentação. A determinação da percentagem de ar incorporado na massa, parâmetro designado por *over-run*, como descrito na equação 2 foi feita através do volume inicial ( $v_{inicial}$ ) e final da massa ( $v_{final}$ ), calculados a partir da altura e diâmetro dos respetivos recipientes onde as estas foram colocadas a fermentar (Lewis, 1987).

$$over-run (\%) = \frac{(v_{final} - v_{inicial})}{v_{inicial}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

É importante salientar que não foram avaliadas as percentagens de *over-run* das massas das bolachas nem das massas frescas, uma vez que nestes produtos não se pretende um grande aumento de volume. O pequeno aumento de volume verificado nestas massas deve-se apenas ao uso de uma pequena quantidade de fermento químico ao contrário das bases de pizza e do pão que para além do fermento químico têm na sua formulação a levedura *Saccharomyces cerevisiae* que desempenha um grande papel neste processo anaeróbio.

### 2.2.13 Determinação dos parâmetros de qualidade da cozedura das massas frescas

#### 2.2.13.1 Índice de inchamento

Para determinar o índice de inchamento (equação 3) para cada massa foram cozidas 10 g em 100 mL de água durante 3 minutos sendo que este tempo ótimo de cozedura foi obtido em estudos prévios. O volume de água após a cozedura foi medido numa proveta para saber qual a quantidade de água absorvida na cozedura e a massa cozida foi colocada numa placa de petri a secar na estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , até peso constante.

Este índice indica a variação do volume de um substrato após estar em contacto com água em excesso durante um certo intervalo de tempo (Fradique, 2008; Tudorica, 2002).

$$\text{Índice de Inchamento (g/g)} = \frac{\rho(\text{água}) \times V(\text{água absorvida na cozedura})}{m(\text{amostra seca})} \quad \text{Equação 3}$$

#### 2.2.13.2 Perda de sólidos solúveis

A perda de sólidos solúveis devido à cozedura das massas é determinada pela evaporação da água de cozedura recorrendo a uma estufa à temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ . Esta determinação é feita pela diferença entre a massa do copo de precipitação vazio e a massa do copo após evaporação da água (equação 4). Desta forma, para cada massa em estudo, cozeram-se 10 g em 100 mL de água, dentro de um copo de precipitação, durante



3 minutos. Ao fim deste tempo retirou-se a massa e colocaram-se os copos na estufa para evaporação da água da cozedura (Cham, 2010)

$$\text{Perda de sólidos solúveis (\%)} = \frac{m \text{ resíduo (massa do copo após evaporação - massa inicial do copo)}}{m \text{ (amostra crua)}} \times 100$$

**Equação 4**

### 2.2.13.3 Absorção de água

O cálculo da absorção de água durante a cozedura das massas em estudo é feito tendo em conta a diferença entre a massa da amostra crua e a massa da amostra cozida (equação 5). Para cada massa em estudo, cozeram-se 10 g em 100 ml de água, dentro de um copo de precipitação, durante 3 minutos. Ao fim deste tempo colocaram-se as massas a arrefecer antes da pesagem (Tudorica, 2002).

$$\text{Absorção de água (\%)} = \frac{m \text{ (amostra cozida)} - m \text{ (amostra crua)}}{m \text{ (amostra crua)}} \times 100$$

**Equação 5**

### 2.2.14 Análise da composição nutricional

Para a análise da composição nutricional dos produtos em estudo, nomeadamente as bolachas, as bases de pizza, os pães, as massas e os mixes associados a cada produto, foram efetuadas as determinações experimentais necessárias para quantificação de lípidos, proteína, fibra, humidade e cinza. Todas as análises foram efetuadas em triplicado para cada amostra e os resultados foram submetidos a tratamento estatístico. O cálculo do valor energético de cada produto (expresso em quilocalorias) teve em consideração os fatores apresentados na tabela 12 (Martins, I. 2006).

**Tabela 12-Valor energético por grama de alimento de lípidos, glúcidos e proteína.**

<b>Valor Energético por grama de Alimento (kcal/g)</b>	
Lípidos	9
Glúcidos	3,75
Proteínas	4

Fonte: Martins, I. 2006.

#### 2.2.14.1 Lípidos

O método para quantificação de lípidos nos produtos desenvolvidos teve como base a NP 4168:1991. Foi feita a determinação da percentagem de lípidos de cada produto (g de

lípidos por 100 g de alimento) com base no peso inicial do balão de ebulição e no seu peso final.

#### **2.2.14.2 Proteínas**

Para quantificar a proteína de cada produto foi utilizado o método micro Kjeldhal que é feito com recurso a uma digestão com ácido num digestor seguido de uma leitura por espectrofotometria de absorção molecular UV/VIS. A determinação da percentagem de azoto de cada produto (g de N por 100 g de alimento) foi feita relativamente à matéria original e converteu-se o teor de azoto em teor de proteína utilizando o fator de 5,95, adequado para alimentos com um elevado teor de arroz.

#### **2.2.14.3 Fibras**

O teor de fibra total foi determinado segundo o método AOAC 991.43. A determinação da percentagem de fibra total de cada produto (g de fibra por 100 g de alimento) foi feita relativamente à massa inicial e foram feitas as correções tendo em conta a remoção de gordura e de açúcar das bolachas isentas de glúten.

#### **2.2.14.4 Humidade**

A determinação da humidade de cada produto foi feita com base na ISO 6540:1980, através da secagem das amostras em estufa. Foi feita a determinação da percentagem de humidade de cada produto (g de água por 100 g de alimento) com base no peso inicial da amostra húmida e no seu peso final seco.

#### **2.2.14.5 Cinza**

Para quantificar o teor de cinza de cada amostra foi utilizado como base a NP 518 (1986). A determinação da percentagem de cinza do alimento (g de cinza por 100 g de alimento) foi feita relativamente à massa inicial e relativamente à matéria seca.

#### **2.2.15 Análise Estatística**

A análise estatística dos resultados foi realizada através do programa estatístico *Action*, suplemento do Microsoft Office Excel. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e sempre que se verificaram diferenças significativas entre os valores médios obtidos aplicou-se o teste de Tukey para um nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ).

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Índice de Absorção de Água e Índice de Solubilidade do farelo

Relativamente às farinhas, foram analisadas as de arroz carolino, agulha e vaporizado, sendo que todas elas tinham uma granulometria inferior a 180  $\mu\text{m}$  (figura 23).

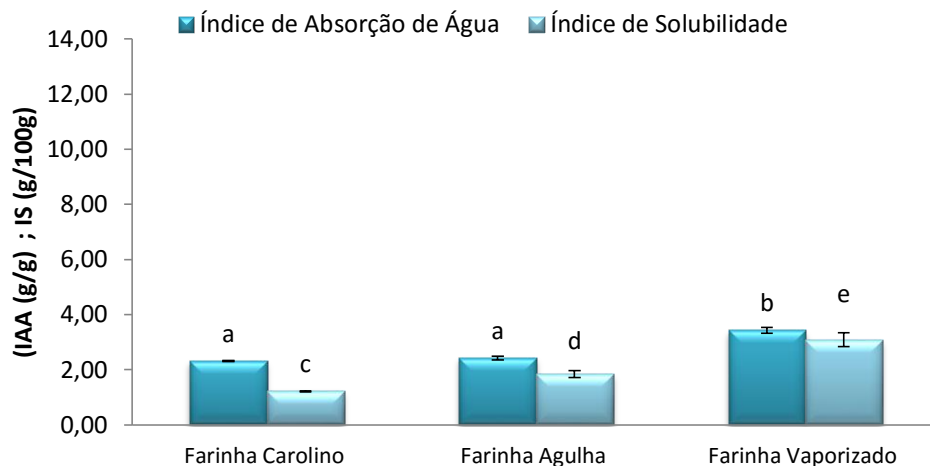
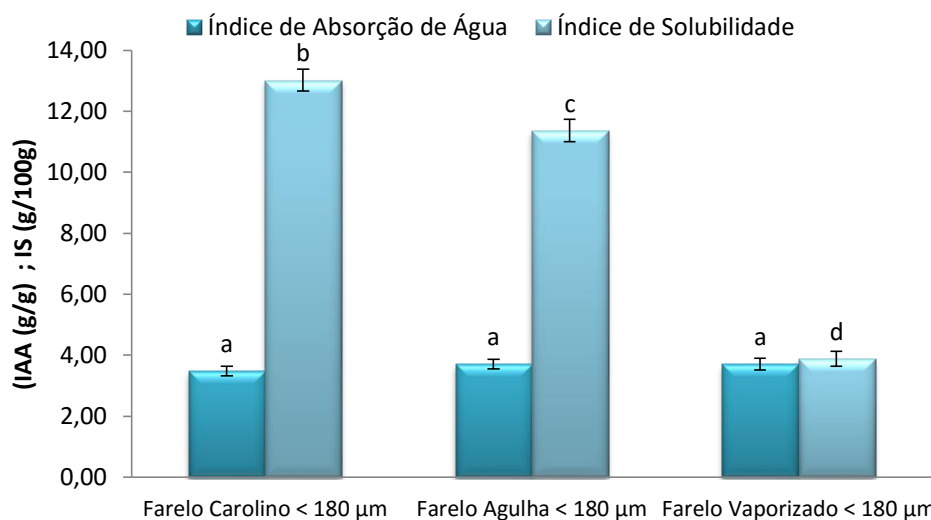


Figura 23- Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade (IS) das farinhas de arroz carolino, agulha e vaporizado.

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

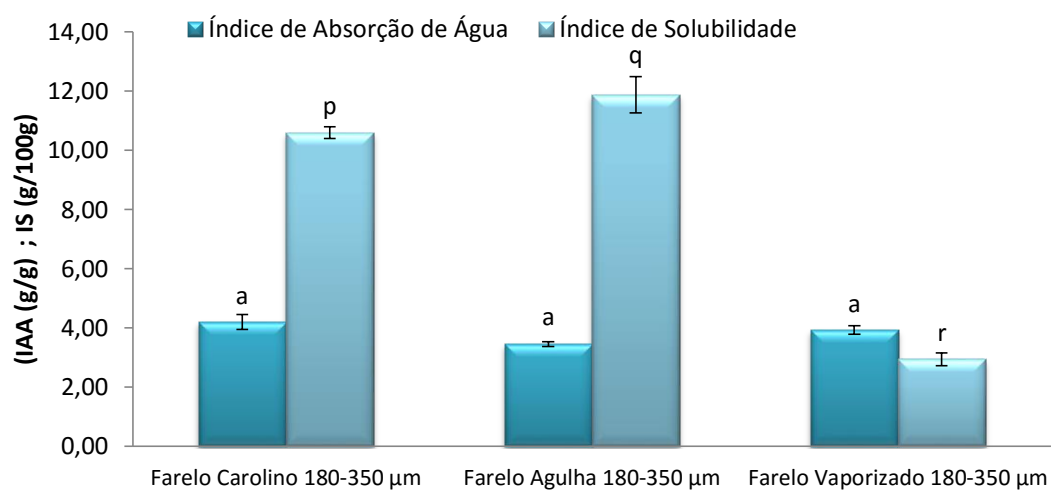
Através da figura é visível a existência de diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre o índice de absorção de água da farinha de arroz carolino e agulha comparativamente à farinha de arroz vaporizado que apresenta valores de 3,43 g de água por grama de farinha. Relativamente ao índice de solubilidade este é significativamente ( $p < 0,05$ ) maior no caso da farinha de arroz vaporizado apresentando valores de 3,09 g/100 g.

Analogamente foram estudados os índices de absorção de água e os índices de solubilidade dos farelos de arroz carolino, agulha e vaporizado, com três granulometrias, menor que 180  $\mu\text{m}$  (figura 24), de 180 a 350  $\mu\text{m}$  (figura 25) e de 350 a 500  $\mu\text{m}$  (figura 26).



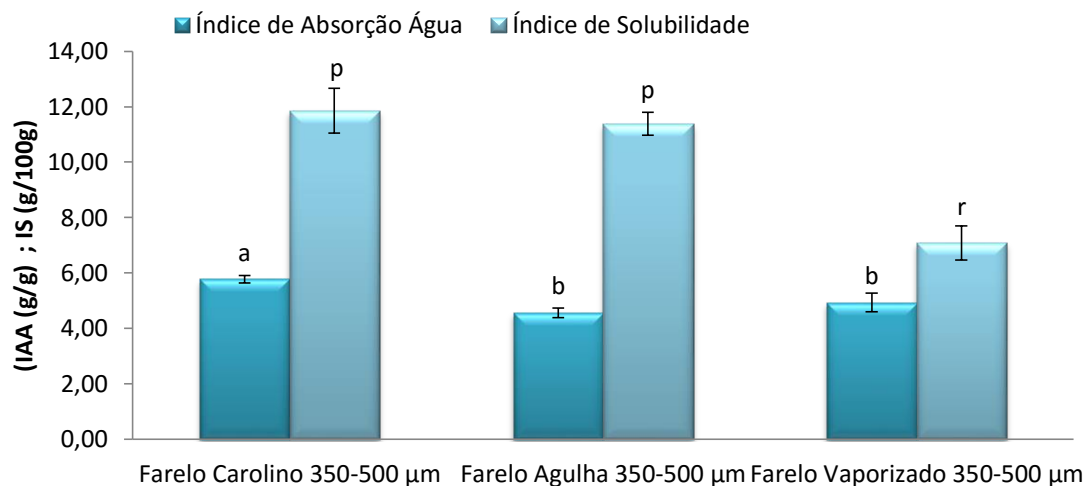
**Figura 24- Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade (IS) de farelo de arroz carolino, agulha e vaporizado com granulometria <180 µm.**

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).



**Figura 25- Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade (IS) de farelo de arroz carolino, agulha e vaporizado com granulometria 180-350 µm.**

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).



**Figura 26- Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade (IS) de farelo de arroz carolino, agulha e vaporizado com granulometria 350-500 µm.**

**\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).**

Analisando em primeiro lugar os resultados dos parâmetros avaliados para os farelos com a menor granulometria ( $< 180 \mu\text{m}$ ) (figura 24), concluímos que o índice de solubilidade do farelo vaporizado é significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) aos dos outros farelos que apresentam valores cerca de 3 a 4 vezes superiores ao farelo de arroz vaporizado. Relativamente ao índice de absorção de água não existem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os três farelos.

Os farelos de arroz com granulometria intermédia de  $180-350 \mu\text{m}$  tiveram resultados bastante semelhantes aos dos farelos com granulometria  $< 180 \mu\text{m}$  como apresentado na figura 25. Mais uma vez verificaram-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os três tipos de farelo, sendo que o farelo de arroz vaporizado apresentou um índice de solubilidade cerca de três vezes inferior aos restantes. Não se verificaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no índice de absorção de água dos três farelos de arroz.

Relativamente aos farelos de arroz com maior granulometria ( $350-500 \mu\text{m}$ ), estes apresentaram resultados bastante semelhantes aos dos farelos com menor dimensão ( $< 180 \mu\text{m}$ ) como se pode observar na figura 26. O índice de solubilidade foi superior para o farelo de arroz carolino (11,86 g/100g) e inferior para o farelo de arroz vaporizado (7,08 g/100g). Relativamente ao índice de absorção de água estes não apresentaram diferenças significativas entre o farelo de arroz agulha e o vaporizado ( $p < 0,05$ ) sendo que o farelo de arroz carolino apresentou o valor mais alto (5,77 g/g).

Constata-se que para todas as granulometrias estudadas o farelo vaporizado apresentou um índice de solubilidade em água inferior aos outros farelos. Por outro lado o índice de absorção de água é idêntico. O facto de o farelo de arroz vaporizado ter um maior teor de lípidos pode estar na origem da baixa solubilidade deste em relação aos outros farelos. O

tratamento térmico a que este farelo é sujeito na indústria arroseira (vaporização) tem como consequência a desnaturação das proteínas facto que diminuí a afinidade deste composto com a água originando os resultados que foram obtidos.

### **3.2 Seleção do teor de farelo adequado para cada granulometria de cada produto a desenvolver**

#### **3.2.1 Bolachas**

Com o objetivo de estudar o efeito físico-químico e sensorial das bolachas isentas de glúten com incorporação de três granulometrias de farelo de arroz agulha, foi feita uma seleção preliminar da quantidade ideal de farelo e a respetiva granulometria, tendo em conta uma análise restrita do sabor e textura, bem como as condições de processamento possíveis. Deste modo, definiu-se como ideal, a maior quantidade de farelo que foi possível incorporar (substituindo a farinha de arroz) sem se notar um sabor amargo (tabela 13).

**Tabela 13- Granulometrias e quantidade de farelo de arroz agulha utilizada.**

<b>Granulometrias (µm)</b>	<b>Quantidade de Farelo (%)</b>	<b>Quantidade ideal de Farelo (%)</b>
<180	<b>1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5</b>	<b>3</b>
180-350		<b>2</b>
350-500		<b>1,5</b>

#### **3.2.2 Bases de Pizza**

Com o objetivo de estudar o efeito físico-químico e sensorial das bases de pizza isentas de glúten com incorporação de duas granulometrias de farelo de arroz vaporizado, foi feita uma seleção preliminar da quantidade ideal de farelo e a respetiva granulometria, tendo em conta uma análise restrita do sabor e textura, bem como as condições de processamento possíveis. Deste modo, definiu-se como ideal, a maximização da quantidade de farelo que foi possível incorporar (substituindo a farinha de arroz) sem se notar um sabor amargo (tabela 14). É importante salientar que não foi efetuado o estudo com a incorporação de farelo vaporizado com granulometria inferior a 180 µm, uma vez que o seu elevado teor de gordura impossibilitava a crivagem do farelo com a granulometria pretendida.

**Tabela 14- Granulometrias e quantidade de farelo de arroz vaporizado utilizada.**

<b>Granulometrias (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Quantidade de Farelo (%)</b>	<b>Quantidade ideal de Farelo (%)</b>
180-350	<b>8; 9; 10; 11; 12; 13; 14</b>	<b>13</b>
350-500		<b>10</b>

### **3.2.3 Pães**

Analogamente às bases de pizza, com o objetivo de estudar o efeito físico-químico e sensorial dos pães isentos de glúten com incorporação de duas granulometrias de farelo de arroz vaporizado, foi feita uma seleção preliminar da quantidade ideal de farelo e a respectiva granulometria, tendo em conta uma análise restrita do sabor e textura, bem como as condições de processamento possíveis. Deste modo, definiu-se como ideal, a maximização da quantidade de farelo que foi possível incorporar (substituindo a farinha de arroz) sem se notar um sabor amargo (tabela 15). É importante salientar que não foi efetuado o estudo com a incorporação de farelo vaporizado com granulometria inferior a 180  $\mu\text{m}$ , uma vez que o seu elevado teor de gordura impossibilitava a crivagem do farelo com a granulometria pretendida.

**Tabela 15-Granulometrias e quantidade de farelo de arroz vaporizado utilizada.**

<b>Granulometrias (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Quantidade de Farelo (%)</b>	<b>Quantidade ideal de Farelo (%)</b>
180-350	<b>1,5; 2; 2,5; 3</b>	<b>2</b>
350-500		<b>1,5</b>

### **3.2.4 Massas Alimentícias**

Com o objetivo de estudar o efeito físico-químico e sensorial das massas alimentícias frescas isentas de glúten com incorporação de três granulometrias de farelo de arroz carolino, foi feita uma seleção preliminar da quantidade ideal de farelo e a respectiva granulometria, tendo em conta uma análise restrita do sabor e textura, bem como as condições de processamento possíveis. Deste modo, definiu-se como ideal, a maximização da quantidade de farelo que foi possível incorporar (substituindo a farinha de milho) sem se notar um sabor amargo (tabela 16).

Tabela 16-Granulometrias e quantidade de farelo de arroz carolino utilizada.

Granulometrias ( $\mu\text{m}$ )	Quantidade de Farelo (%)	Quantidade ideal de Farelo (%)
<180	1,5; 2; 2,5; 3	2,5
180-350		2
350-500		1,5

### 3.3 Análise sensorial

As representações gráficas das figuras 27, 29, 31 e 33 representam os resultados das análises sensoriais realizadas às bolachas, bases de pizza, pães e massas alimentícias desenvolvidas com incorporação de teores de farelo com diferentes granulometrias.

Tendo sido pré-selecionados no ponto 3.2, os teores máximos de incorporação para as granulometrias apropriadas, efetuou-se a avaliação sensorial de todos os produtos desenvolvidos para selecionar qual o teor de farelo e respetiva granulometria melhor aceites. Para tal utilizaram-se os modelos de ficha de prova apresentada no anexo 1 e 2. É importante salientar que o atributo “presença de elementos estranhos no sabor” foi classificado de forma a que o número 6 correspondesse a não sentir qualquer elemento estranho e o número 1 correspondesse a sentir bastante.

#### 3.3.1 Bolachas

A figura seguinte corresponde à análise sensorial das bolachas com e sem incorporação de farelo com granulometrias diferentes.

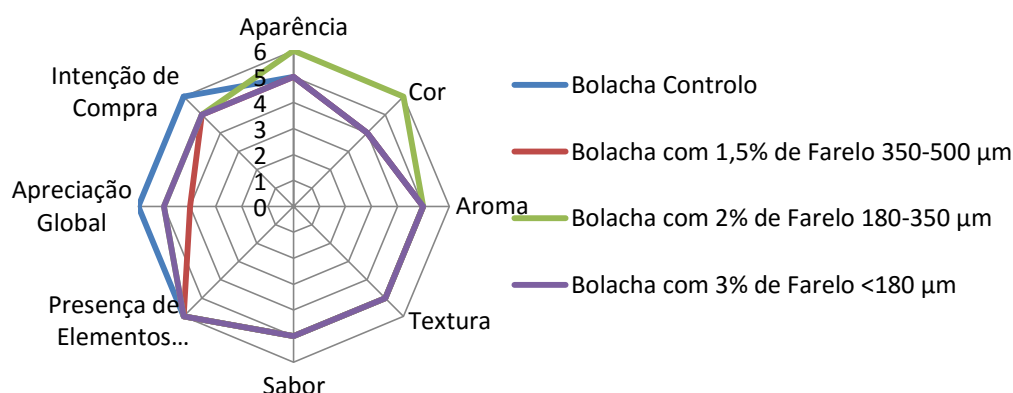


Figura 27-Perfil sensorial relativamente aos oito atributos da bolacha controlo e das bolachas com 1,5%, 2% e 3% de farelo de arroz agulha com as três granulometrias em estudo.

Através da figura 27 observa-se que em termos globais a bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$  conseguiu uma melhor classificação na generalidade dos atributos. Em termos de aparência e cor foi a única com uma



classificação de 6 valores (muito agradável), embora a intenção de compra tenha sido melhor classificada na bolacha controlo, ou seja, sem adição de farelo. Apesar da classificação ter sido bastante próxima da bolacha com 3% de farelo, a bolacha com 1,5% foi a menos apreciada pelo painel de provadores, tendo sido obtidos apenas 4 valores (ligeiramente agradável). Desta forma, a bolacha escolhida para posterior caracterização foi a com 2% de farelo com granulometria entre 180-350  $\mu\text{m}$ . A bolacha controlo fez parte da análise sensorial como termo de comparação (figura 28).



Figura 28-Bolachas isentas de glúten (formulação controlo à esquerda e formulação com 2% de farelo à direita)

### 3.3.2 Bases de Pizza

Na figura 29 está representada a análise sensorial das bases de pizza com e sem incorporação de farelo com granulometrias diferentes.

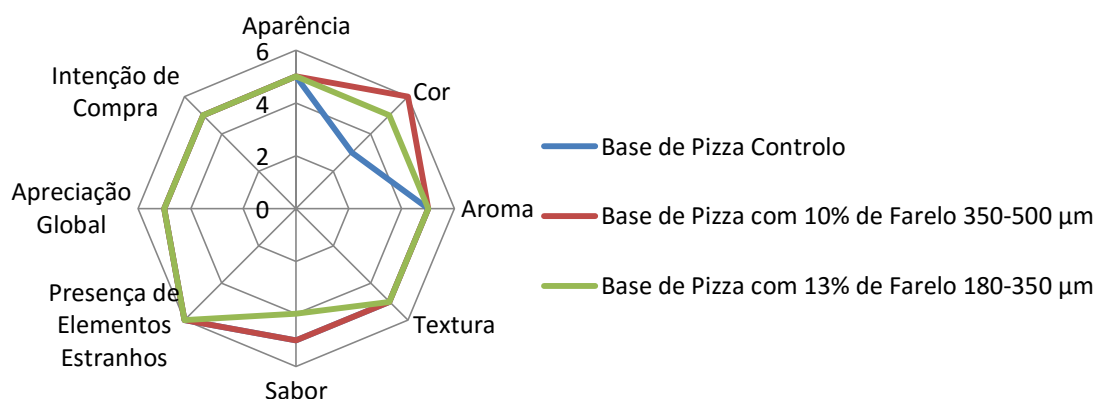


Figura 29- Perfil sensorial relativamente aos oito atributos da base de pizza controlo e das bases de pizza com 10% e 13% de farelo de arroz vaporizado com as duas granulometrias em estudo.

Observando a figura, concluiu-se que a base de pizza com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 350-500  $\mu\text{m}$  conseguiu uma melhor classificação na generalidade dos atributos. Foi a única a ter 6 valores (muito agradável) no atributo de cor enquanto a base controlo só obteve 3 valores (ligeiramente desagradável) ficando em último na preferência global. No entanto é interessante salientar que a aparência, aroma e textura tiveram como classificação 5 valores (agradável) em todos os alimentos em estudo. Este facto mostra que no geral todas as bases de pizza foram bem aceites por parte do painel de provadores. A base de pizza controlo fez parte da análise sensorial como termo de comparação (figura 30).



Figura 30-Bases de pizza isentas de glúten (formulação controlo à esquerda e formulação com 10% de farelo à direita).

### 3.2.3 Pães

Na figura 31 está representada a análise sensorial efetuada para bases de pizza com e sem incorporação de farelo com granulometrias diferentes.

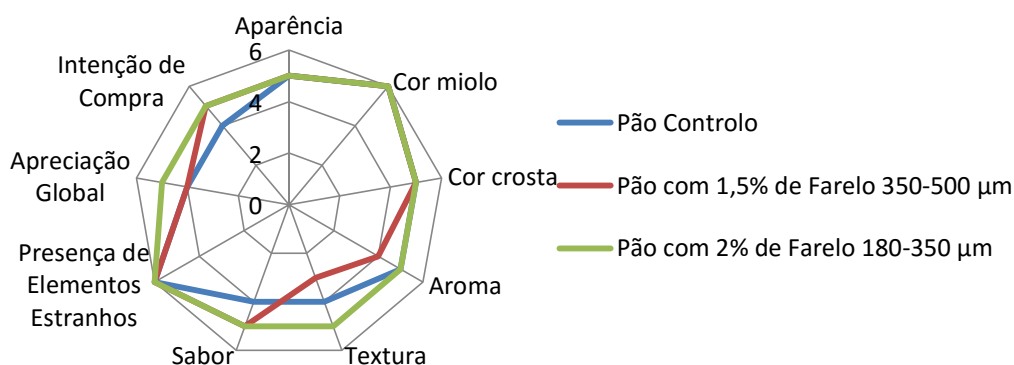


Figura 31-Perfil sensorial relativamente aos nove atributos do pão controlo e do pão com 1,5% e 2% de farelo de arroz vaporizado com as duas granulometrias em estudo.

Observa-se que a preferência do painel de provadores recaiu no pão com 2% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 180-350 µm. Este obteve uma classificação de 5 valores (agradável) ou 6 (muito agradável) em todos os atributos, sendo interessante salientar que na cor do miolo obteve 6 valores. Uma vez que dos três, o pão com 2% de farelo tinha o miolo mais

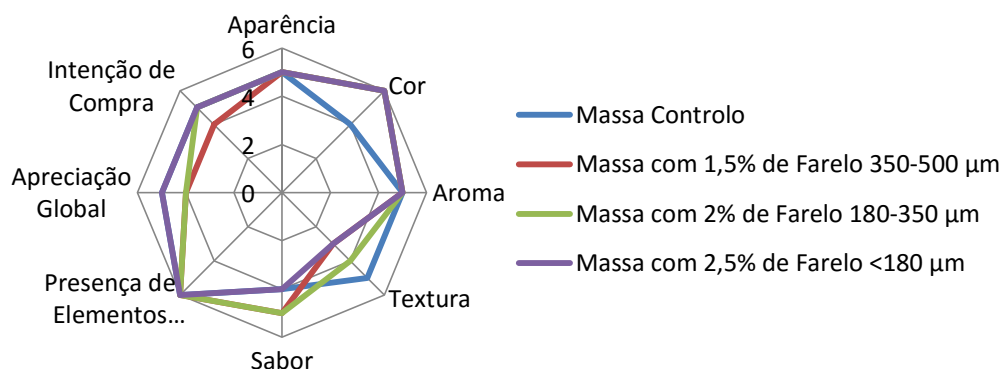
escuro, torna-se notório o interesse visual, por parte dos provadores, relativamente a pães mais escuros que no mercado estão associados a produtos similares mais saudáveis por se designarem como integrais. Sendo a textura e o sabor os atributos mais desafiantes neste alimento, houve uma agradável surpresa em concluir que o pão com 2% de farelo obteve uma classificação de 5 valores (agradável). O pão controlo fez parte da análise sensorial como termo de comparação (figura 32).



Figura 32-Pães isentos de glúten (formulação controlo à esquerda e com 2% de farelo à direita).

### 3.2.4 Massas Alimentícias

A figura seguinte (figura 33) corresponde à análise sensorial das massas alimentícias frescas com e sem incorporação de farelo com granulometrias diferentes.



**Figura 33-Perfil sensorial relativamente aos oito atributos da massa controlo e das massas com 1,5%, 2% e 2,5% de farelo de arroz carolino com as três granulometrias em estudo**

A massa fresca com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350 µm foi a eleita pelo painel de provadores como a melhor em termos globais, uma vez que obteve a melhor classificação na generalidade dos atributos como se pode observar na figura 33. Foram obtidos 4 valores (ligeiramente agradável) para o atributo textura, no entanto o painel mostrou intenção



**Figura 34-Massas frescas isentas de glúten (formulação controlo à esquerda e formulação com 2% de farelo à direita).**

para uma possível compra, facto este, bastante positivo. Tanto o atributo da aparência como o do aroma tiveram uma boa classificação, nomeadamente de 5 valores (agradável) para os quatro alimentos em avaliação, sendo importante salientar que, mais uma vez, denotou-se um grande interesse pelas massas mais escuras (devido à presença de farelo). Esta situação mostra que a sua diferença comparativamente à massa fresca controlo não as prejudicou em termos de avaliação por parte do painel de provadores, que indicou uma grande aceitabilidade relativamente ao atributo cor (figura 34).

Na tabela 17 encontram-se, de forma resumida, os resultados obtidos das análises sensoriais realizadas a todos os produtos (bolachas, bases de pizza, pães e massas alimentícias) desenvolvidos com incorporação de diferentes teores de farelo com diferentes granulometrias.

**Tabela 17- Resultados da análise sensorial efetuada a bolachas, bases de pizza, pães e massas alimentícias.**

Produto	Teor de Farelo	Granulometria	Tipo de Farelo de Arroz
<b>Bolachas</b>	2%	180-350 µm	Agulha
<b>Bases de Pizza</b>	10%	350-500 µm	Vaporizado
<b>Pães</b>	2%	180-350 µm	Vaporizado
<b>Massas Alimentícias</b>	2%	180-350 µm	Carolino

### 3.4 Bolacha controle e com 2% de farelo com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$

#### 3.4.1 Fator de expansão

Na figura 35 está representado o fator de expansão da bolacha controle e da bolacha com 2% de farelo agulha com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ .

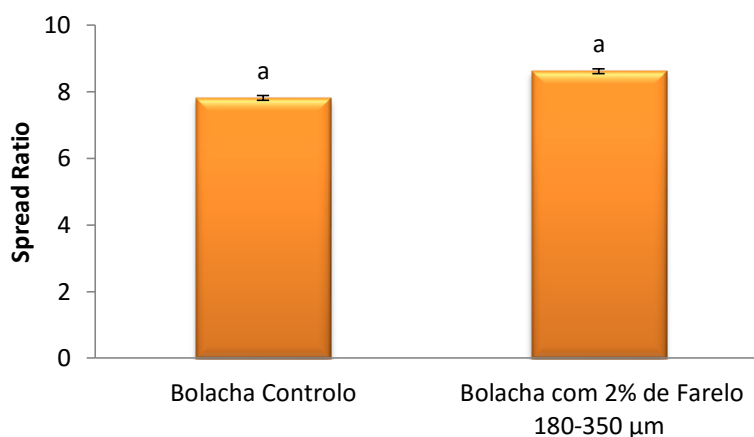


Figura 35-Fator de expansão da bolacha controle e da bolacha com 2% de farelo agulha com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ .

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

Através da figura observa-se que não existem diferenças significativas entre as formulações ( $p < 0,05$ ). No entanto é visível um ligeiro aumento com a incorporação de farelo. Este resultado está de acordo com Sozer *et al.*, 2014 que comprovou que o aumento progressivo do teor de farelo em formulações de bolachas provocou um aumento dos fatores de expansão respectivos.

#### 3.4.2 Atividade da água

A figura 36 representa a atividade da água, ao longo do tempo, da bolacha controle e da bolacha com 2% de farelo com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ .

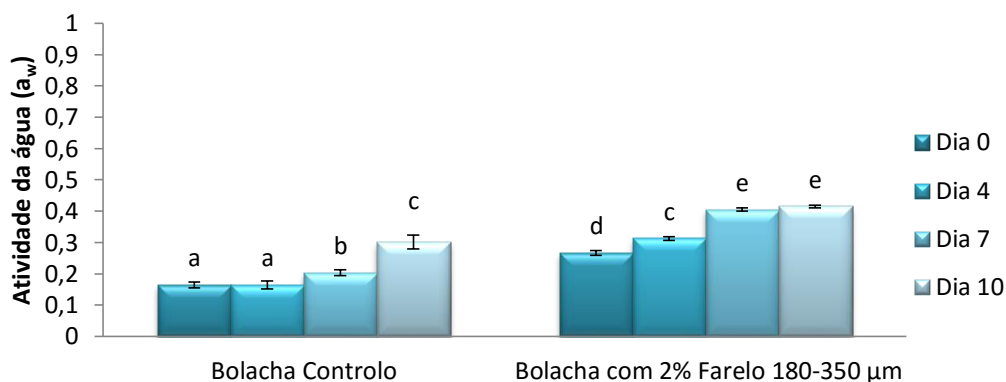


Figura 36-Atividade da água ( $a_w$ ) da bolacha controle e da bolacha com 2% de farelo agulha com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$  ao longo do tempo.

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

O facto do farelo de arroz agulha ter uma maior solubilidade (figura 25), significa que existe uma grande afinidade entre os dois comparativamente à farinha de arroz carolino (figura 23). Deste modo, a bolacha com 2% de farelo apresentou uma maior variação de atividade de água ( $a_w$ ) relativamente à bolacha controlo como indicado na figura 36. Foram efetuadas medições de  $a_w$  ao longo do tempo: no dia da produção das bolachas (dia 0), passados quatro dias (dia 4), sete dias (dia 7) e por último ao fim de 10 dias (dia 10). Este tempo de conservação foi definido tendo em conta que se trata de um produto destinado à confeção caseira, ou seja, os produtos são vendidos na forma de mixes que depois são preparados em casa. Existe assim um período de conservação do mix e do produto preparado. As bolachas foram armazenadas em condições vulgares de acondicionamento doméstico, isto é, sem controlo da variação da humidade.

A bolacha controlo teve um registo de  $a_w$  do dia zero e do dia dez de 0,16 e 0,30 respetivamente, enquanto a bolacha com 2% de farelo apresentou valores de 0,27 e 0,41. Tendo em conta apenas os resultados do primeiro dia (dia 0) ao comparar as duas formulações, constata-se que a incorporação de 2% de farelo conduziu a um aumento de 60% na atividade da água, razão que se manteve no último dia de análise, sendo importante referir houve uma estabilização de  $a_w$  entre o dia 7 e o dia 10 (sem diferenças significativas ( $p < 0,05$ )). Ao ter um maior valor de  $a_w$  o tempo de conservação da bolacha com incorporação de farelo vai ser menor. Este aumento também se verifica nos resultados da bolacha controlo (sem farelo) mas sempre com  $a_w$  inferior. Ao analisar a figura também se constata que o resultado do último dia de análise da bolacha controlo (dia 10) não apresenta diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) relativamente ao resultados apresentado pela bolacha com farelo no dia 4. Contudo é importante referir que ambas as formulações de bolachas apresentam valores de  $a_w$  baixos o que as tornam alimentos muito estáveis em termos microbiológicos (Castro, 2003).

### **3.4.3 Análise do perfil de textura da massa**

Observa-se um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da firmeza da massa das bolachas com incorporação de farelo relativamente à massa da bolacha controlo. Com a substituição da farinha de arroz carolino pelo farelo de arroz agulha houve um aumento da solubilidade da água nas formulações, o que tornou a massa da bolacha com farelo mais húmida. A adição de um maior teor de fibra proveniente do farelo teve assim um efeito de diluição, modificando as propriedades viscoelásticas, reduzindo o volume e tornou a massa mais compacta (Frutos *et al.*, 2008). Este facto demonstra que a humidade está correlacionada positivamente com a firmeza da massa.

A incorporação dos 2% de farelo de arroz agulha conduziu a uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) da adesividade e coesividade. A melhor retenção da água por parte da fibra do farelo de arroz e as mudanças texturais são dois fenómenos interrelacionados e como tal a

maior humidade permitiu uma diminuição destes dois parâmetros (Frutos *et al.*, 2008). Este facto demonstra que neste caso a humidade está correlacionada negativamente com a adesividade e coesividade da massa. Os resultados obtidos estão de acordo com os demonstrados por Frutos *et al.* (2008).

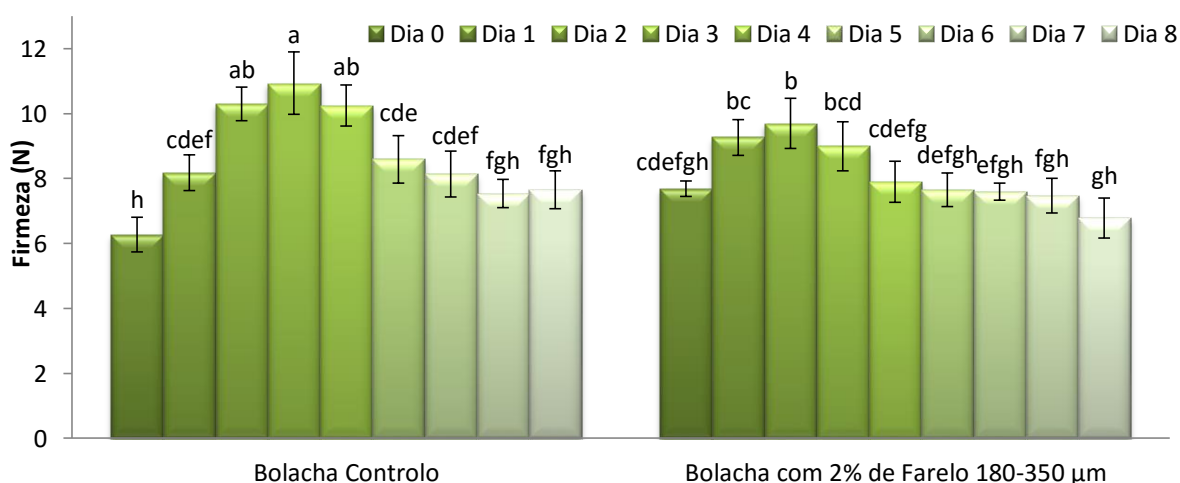
**Tabela 18-Firmeza, adesividade e coesividade das massas da bolacha controlo e da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350 µm.**

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

Parâmetros	Massa da Bolacha	Massa da Bolacha com 2% de
	Controlo	Farelo - 180-350 µm
<b>Firmeza (N)</b>	0,24±0,02 <sup>a</sup>	1,08±0,08 <sup>b</sup>
<b>Adesividade (N.s)</b>	0,84±0,08 <sup>a</sup>	0,20±0,02 <sup>b</sup>
<b>Coesividade</b>	0,52±0,03 <sup>a</sup>	0,17±0,01 <sup>b</sup>

#### 3.4.4 Análise da textura das Bolachas

A figura seguinte (figura 37) representa a firmeza da bolacha controlo e da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350 µm.



**Figura 37- Firmeza da bolacha controlo e da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350 µm.**

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

A análise de textura das bolachas controlo e com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350 µm, foi realizada ao longo do tempo, considerando um prazo de conservação de oito dias. Ao observar a figura 37 é notório um aumento da firmeza significativo ( $p < 0,05$ ) na bolacha controlo (sem farelo). Este aumento também se verifica nos resultados da bolacha com incorporação de farelo com granulometria de 180-350 µm,

no entanto com variações menores. Comparando dia a dia as duas bolachas, tanto a controlo como com incorporação de farelo tiveram um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) de firmeza até ao quarto e terceiro dia de leitura, respetivamente. Após este tempo ambas as bolachas apresentaram um decréscimo significativo ( $p < 0,05$ ) da firmeza até ao último dia de análise. No dia 0 existe uma diferença significativa entre as duas formulações uma vez que a bolacha com farelo apresenta um valor superior (7,69 N) comparativamente à bolacha controlo (6,27 N), sendo que esta situação se mantém até ao segundo dia. Tal facto deve-se à adição de um maior teor de fibra proveniente do farelo, que teve um efeito de diluição, modificando as propriedades viscoelásticas, tornando a estrutura da bolacha mais compacta (Frutos *et al.*, 2008). Segundo Raymundo *et al.*, (2014) a existência de uma maior solubilidade devido à presença da fibra do farelo de arroz também promove o estabelecimento de interações entre proteínas e polissacáridos o que contribuiu pra uma maior estruturação da massa da bolacha. A diminuição da firmeza em ambos os casos deve-se ao aumento da atividade da água ( $a_w$ ) (Castro, 2003) como se pode comprovar na figura 36 onde foi analisado este parâmetro ao longo de dez dias. É importante referir que as bolachas foram armazenadas em condições vulgares de acondicionamento doméstico, isto é, sem controlo da variação da humidade.

### 3.4.5 Comportamento reológico das massas

A figura 38 mostra um teste de varrimento de frequências cuja tensão foi previamente determinadas para cada amostra na região de viscoelasticidade linear através de um teste de varrimento de tensão.

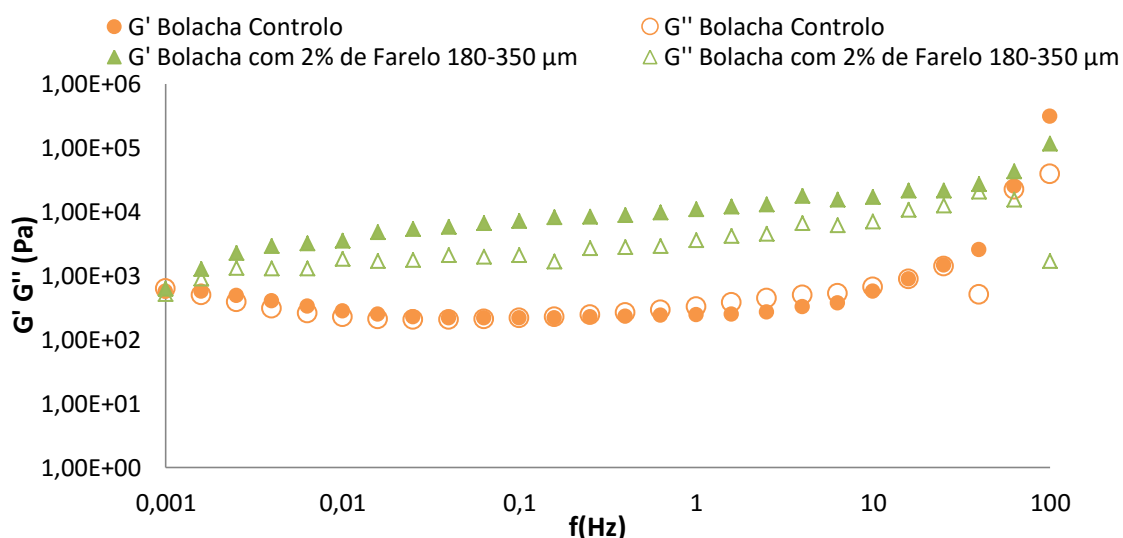


Figura 38- Espectros mecânicos das massas da bolacha controlo e da bolacha com 2% de farelo agulha com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$ .

Observando o espectro mecânico da massa da bolacha com 2% de farelo (figura 38) verifica-se que o módulo elástico ( $G'$ ) é sempre superior ao módulo viscoso ( $G''$ ), demonstrando um comportamento predominantemente elástico. Para além disso ambos os módulos aumentam com o aumento da frequência, sendo praticamente sobreponíveis e muito dependentes da frequência. Relativamente à massa da bolacha controlo observou-se uma diferença de valores entre os módulos  $G'$  e  $G''$  muito inferiores a uma década. Este comportamento é típico de estruturas pouco estruturadas (Raymundo *et al.*, 2014; Castro, 2003). Desta forma é notória a capacidade do farelo de arroz em dar estabilidade à estrutura da massa com farelo, uma vez que os valores dos módulos  $G'$  e  $G''$  são superiores e se encontram distanciados, comparativamente à massa controlo.

### 3.4.6 Análise da cor

Verifica-se que houve uma diminuição do parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) nas bolachas desenvolvidas após a incorporação de farelo com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$  com uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ), como é observável na tabela 19. Uma vez que no parâmetro luminosidade, 0 indica a cor preta e 100 indica cor branca, podemos concluir que ao adicionar farelo a bolacha escureceu. Esta situação está de acordo com o esperado tendo em conta que este subproduto da indústria do arroz tem uma cor escura. Relativamente à cromaticidade, ou seja, o grau de vermelho ou verde (-60 para verde e +60 para vermelho) expresso pelo parâmetro  $a^*$  e o grau de amarelo ou azul (-60 para azul e +60 para amarelo) indicado pelo parâmetro  $b^*$ , verifica-se que a bolacha com incorporação de farelo não apresenta diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) quando comparada à bolacha controlo (tabela 19).

**Tabela 19- Parâmetros de cor da bolacha controlo e da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$ .**

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Bolacha Controlo</b>	$72,13 \pm 1,41^a$	$3,24 \pm 0,25^m$	$31,85 \pm 1,99^x$
<b>Bolacha com 2% de Farelo</b>	$69,16 \pm 1,41^b$	$2,82 \pm 0,20^m$	$31,09 \pm 1,52^x$

### 3.4.7 Análise da composição nutricional

A composição nutricional por 100 g das bolachas em estudo (com e sem farelo), foi obtida através da quantificação dos teores de lípidos, glúcidos, proteínas, fibras, humidade e cinza. É importante salientar que o teor de glúcidos foi determinado pela diferença para cem por cento dos restantes macronutrientes.



Como se pode observar na tabela 20, em relação ao teor de lípidos e cinza houve um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) com a adição de farelo. Estes resultados eram previsíveis tendo em conta que o farelo de arroz agulha tem um teor de lípidos e cinza superior ao de farinha de arroz carolino. O teor de fibra não apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as duas formulações, no entanto, a humidade foi maior na bolacha com farelo o que está de acordo com o esperado uma vez que o farelo de arroz agulha tem um índice de solubilidade e absorção de água superior à da farinha carolino. Do ponto de vista calórico, 100 g de bolacha com incorporação de farelo só acresce em 2,02 kcal à bolacha controlo, valor bastante aceitável tendo em conta que cada bolacha tem cerca de 8 g, o que equivale a cerca de 33 kcal. É importante salientar que apesar da incorporação não ter tido um impacto significativo no valor nutricional de uma forma geral, o farelo de arroz contribui para um maior teor de vitaminas, minerais, e ácidos gordos que não estão quantificados na tabela 20.

Tendo em conta que a ingestão diária recomendada de fibra total para adultos com idades compreendidas entre os 19 os 50 anos foi fixada em 38 g para os homens e 25 g para as mulheres, constata-se que se ingerirem por exemplo dez bolachas com incorporação de 2% de farelo, o teor de fibra apenas representa cerca de 16% e 25% (respetivamente) da quantidade fixada como ingestão diária recomendada (Slavin, 2003).

**Tabela 20- Valor nutricional por 100g de bolacha isenta de glúten com incorporação de farelo de arroz agulha com granulometria 180-350  $\mu$ m e bolacha controlo. \*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey), individualmente para cada parâmetro. \*\*média de dois valores.**

Valor Nutricional	Bolacha Controlo	Bolacha com 2% de farelo (180-350 $\mu$ m)
<b>Valor energético (kcal/100 g)</b>	<b>412,83</b>	<b>414,85</b>
Lípidos	9,25 $\pm$ 0,32 <sup>a</sup>	12,80 $\pm$ 0,47 <sup>b</sup>
Glúcidos	83,27	75,15
Proteína**	4,33	4,46
Fibra	6,23 $\pm$ 0,66 <sup>l</sup>	6,19 $\pm$ 0,66 <sup>l</sup>
Humidade	1,63 $\pm$ 0,09 <sup>m</sup>	4,20 $\pm$ 0,05 <sup>n</sup>
Cinza	1,52 $\pm$ 0,03 <sup>x</sup>	3,39 $\pm$ 0,40 <sup>z</sup>

### 3.4.8 Análise global

Na tabela seguinte (tabela 21) encontram-se os resultados do impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350  $\mu$ m nas características tecnológicas e sensoriais das bolachas.

**Tabela 21- Impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm nas características tecnológicas e sensoriais das bolachas.**

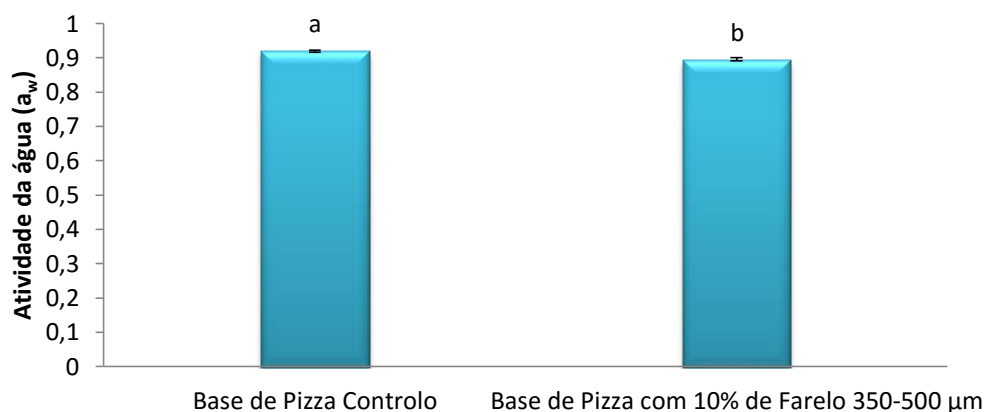
<b>Análise</b>		<b>Impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm nas bolachas</b>
<b>Fator de Expansão</b>		Aumentou
<b>Atividade da água</b>		Aumentou
<b>Parâmetros de Perfil de Textura</b>	<b>Firmeza</b>	Aumentou
	<b>Adesividade</b>	Diminuiu
	<b>Coesividade</b>	Diminuiu
<b>Firmeza</b>		Aumentou
<b>Comportamento Reológico</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>G' &gt; G''</math></li> <li>• Conferiu estabilidade estrutural</li> </ul>
<b>Valor Nutricional</b>		Aumentou

A incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm nas bolachas controlo (sem farelo) aumentou o seu fator de expansão, atividade da água, valor nutricional e firmeza. Relativamente ao teste de perfil de textura das massas, a adesividade e a coesividade diminuíram. O comportamento reológico das massas de bolacha demonstrou que a incorporação de farelo teve um impacto benéfico na estabilidade estrutural. Através do mesmo teste observou-se que as bolachas com incorporação de farelo apresentaram um comportamento predominantemente elástico ( $G' > G''$ ).

### **3.5 Base de pizza controlo e com 10% de farelo com granulometria 350-500 µm**

#### **3.5.1 Atividade da água**

A figura 39 representa a atividade da água das bases de pizza controlo e com incorporação de farelo de arroz vaporizado com a granulometria mais alta (350-500 µm).



**Figura 39-Atividade da água ( $a_w$ ) da base de pizza controlo e da base de pizza com 10% de farelo vaporizado com granulometria de 350-500 µm.**

**\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).**

Ambas as bases de pizza apresentaram valores de  $a_w$  elevados, nomeadamente 0,92 e 0,89, respetivamente. A diferença entre os valores foi significativa ( $p < 0,05$ ) como observável na figura 39 e verifica-se que ao introduzir o farelo de arroz ocorreu uma redução de  $a_w$ , situação que se considera como um resultado positivo. O facto da farinha de arroz agulha ter uma menor solubilidade na água (figura 23) que o farelo de arroz vaporizado (figura 26), faz com que ao substituir 10% de farinha pelo farelo fosse expectável uma redução da atividade da água. Todavia, como ambas as bases de pizza apresentaram valores de  $a_w$  bastantes próximos de 0,90 considera-se que estão sujeitas a possíveis contaminações microbiológicas (Castro, 2003).

### 3.5.2 Análise do perfil de textura da massa

A firmeza da massa das bases de pizza é em tudo semelhante à da massa das bolachas, sendo a única diferença a utilização de 10% de farelo de arroz vaporizado (tabela 22). No entanto, com a substituição da farinha de arroz agulha pelo farelo de arroz vaporizado houve um maior aumento da solubilidade em água do farelo da formulação, o que tornou a massa da base respetiva ainda mais húmida.

Tal como demonstrado por Frutos *et al.*, 2008 a adição de um maior teor de fibra proveniente do farelo de arroz vaporizado teve um efeito de diluição, modificando as propriedades viscoelásticas, reduzindo o volume e tornou a massa mais compacta.

Mais uma vez, tanto a adesividade como a coesividade apresentaram uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) com a incorporação dos 10% de farelo de arroz vaporizado na formulação, devido à maior absorção de água e maior solubilidade (Frutos *et al.*, 2008). Estes factos demonstram que a humidade está correlacionada positivamente com a firmeza e negativamente com a adesividade e coesividade da massa (Frutos *et al.*, 2008).

Tabela 22- Firmeza, adesividade e coesividade da base controlo e da base com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 350-500  $\mu\text{m}$ .

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

	Massa da Base de Pizza Controlo	Massa da Base de Pizza com 10% de Farelo
<b>Firmeza (N)</b>	2,15 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	3,16 $\pm$ 0,22 <sup>b</sup>
<b>Adesividade (N.s)</b>	0,32 $\pm$ 0,03 <sup>m</sup>	0,18 $\pm$ 0,02 <sup>n</sup>
<b>Coesividade</b>	0,48 $\pm$ 0,02 <sup>p</sup>	0,37 $\pm$ 0,02 <sup>q</sup>

### 3.5.3 Análise da textura da Base de Pizza

Na seguinte figura (figura 40) está representada a firmeza das bases de pizza controlo e com incorporação de 10% de farelo com granulometria 350-500  $\mu\text{m}$ .

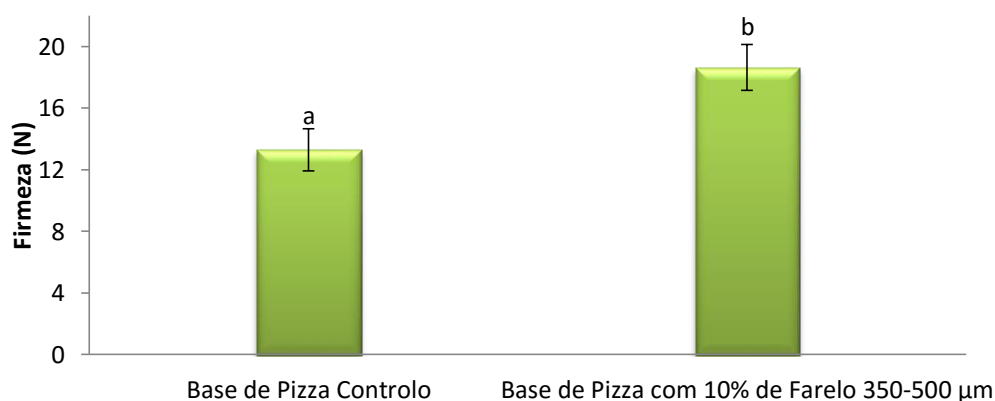


Figura 40- Firmeza da base controlo e da base com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 350-500  $\mu\text{m}$ .

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

Uma vez que as bases de pizza se destinam ao consumo imediato estas não foram submetidas a análise de textura ao longo do tempo. Examinando a figura 40 constata-se que a base de pizza com incorporação de farelo apresenta uma firmeza significativamente superior (18,63 N) ( $p < 0,05$ ) à da base de pizza controlo (13,30 N). Tal facto, deve-se à adição de um grande teor de fibra proveniente do farelo de arroz vaporizado, que teve um efeito de diluição modificando as propriedades viscoelásticas e provocou o estabelecimento de interações entre proteínas e polissacáridos contribuindo para uma maior estrutura da massa tornando-a mais densa (Frutos *et al.*, 2008; Raymundo *et al.*, 2014).

### 3.5.4 Testes oscilatórios

Os espectros mecânicos das massas das bases de pizza encontram-se representados na figura 41.

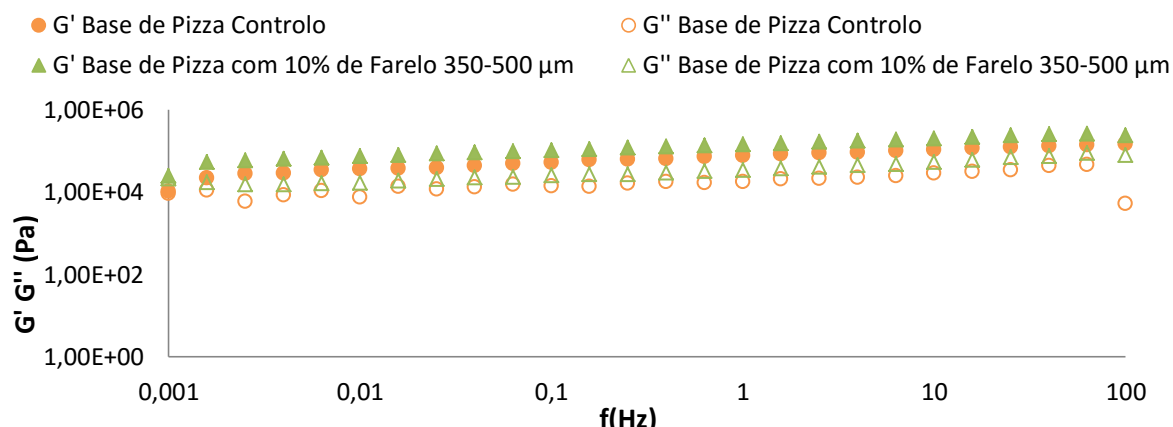


Figura 41- Espectros mecânicos das massas da base de pizza controle e da base de pizza com 10% de farelo vaporizado com granulometria 350-500 µm.

Na figura 41 é visível que os espectros mecânicos das massas das bases de pizza são muito semelhantes. Em ambos os casos a componente elástica (G') é sempre superior à componente viscosa (G'') o que se traduz num comportamento predominantemente elástico da massa da base de pizza (Castro, 2003). Contudo é importante salientar que apesar de serem espectros semelhantes a massa da base de pizza com 10% de farelo apresenta módulos de G' e G'' superiores indicando uma maior estabilidade estrutural comparativamente à massa de base de pizza controle. (Raymundo *et al.*, 2014)

### 3.5.5 Análise do aumento de volume ao longo da fermentação

Na seguinte figura (figura 42) está representado a capacidade de expansão (*over-run*) ao longo da fermentação da massa das bases de pizza controle e com 10% de farelo de arroz com granulometria de 350-500 µm.

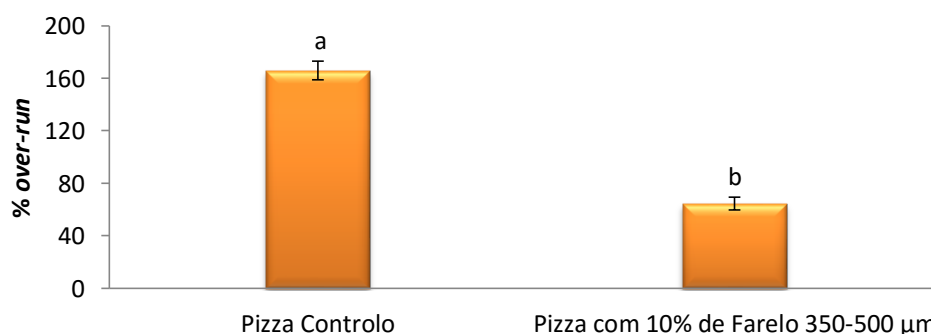


Figura 42- Capacidade de expansão (*over-run*) das massas da base de pizza controle e da base de pizza com 2% de farelo vaporizado com granulometria 350-500 µm.

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

Ao analisar a figura é visível uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) da percentagem de *over-run* com a incorporação de 10% farelo com granulometria de 350-500  $\mu\text{m}$ . A elevada percentagem de *over-run* da pizza controlo foi vista como negativa pelo painel de provadores uma vez que após cozedura, a base de pizza era demasiado alta. O resultado elevado deve-se à adição de levedura e fermento que provocaram o aumento das massas devido à formação de alvéolos criados através da libertação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (Elmer *et al.*, 1959). Tendo em conta que o farelo de arroz vaporizado tem um índice de solubilidade e de absorção de água superior à da farinha de arroz agulha que foi substituída na base de pizza, o teor de humidade da massa tornou-se maior e consequentemente a sua estrutura interna ficou mais rígida não permitindo a expansão da massa (Oliver *et al.*, 1997).

### 3.5.6 Análise da cor

Tal como na análise de cor das bolachas, verifica-se que houve uma diminuição do parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) após a incorporação de 10% de farelo com granulometria de 350-500  $\mu\text{m}$  com uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ), como é observável na tabela 23. Uma vez que no parâmetro luminosidade, 0 indica a cor preta e 100 indica cor branca, podemos concluir que ao adicionar farelo a base de pizza escureceu. Esta situação está de acordo com o esperado tendo em conta que para além deste subproduto da indústria do arroz ter uma cor escura foi adicionada uma quantidade considerável (10%).

Em relação aos parâmetros de cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ) das bases de pizza confirma-se (tabela 23) que ambas as formulações se apresentam na região do vermelho para a coordenada  $a^*$  e na região do amarelo para a coordenada  $b^*$  apresentando diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para cada parâmetro. A incorporação de farelo nas bases de pizza tornou a sua tonalidade menos amarela e mais vermelha, situação justificável devido à presença de farelo de arroz vaporizado que tem uma cor escura.

Tabela 23- Parâmetros de cor da base de pizza controlo e da base de pizza com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria 350-500  $\mu\text{m}$ .

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Base de Pizza Controlo</b>	$76,02 \pm 1,79^a$	$3,36 \pm 0,21^m$	$35,23 \pm 1,49^x$
<b>Base de Pizza com 2% de Farelo</b>	$63,54 \pm 1,72^b$	$4,39 \pm 0,11^n$	$27,07 \pm 0,42^z$

### 3.5.7 Análise da composição nutricional

A composição nutricional por 100 g das bases de pizza em estudo (com e sem farelo), foi obtida através da quantificação dos teores de lípidos, glúcidos, proteínas, fibras, humidade

e cinza. É importante salientar que o teor de glúcidos foi determinado pela diferença para cem por cento dos restantes macronutrientes.

As bases de pizza com e sem incorporação de farelo de arroz vaporizado apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre todos os parâmetros analisados (tabela 24). A quantidade de farelo de arroz vaporizado adicionada à base de pizza controlo contribuiu para o aumento substancial do teor de fibra e de humidade. Esta situação está de acordo com o esperado tendo em conta que um maior teor de fibra está associado a um aumento do índice de solubilidade da água e por consequência a sua humidade aumenta (Frutos *et al.*, 2008). Tendo em conta todos estes fatores foi expectável que o valor energético mais alto correspondesse à base de pizza com adição de farelo (318,54 kcal), onde cada 50g corresponde a cerca de uma fatia de base de pizza.

Tendo em conta que a ingestão diária recomendada de fibra total para adultos com idades compreendidas entre os 19 os 50 anos foi fixada em 38 g para os homens e 25 g para as mulheres, constata-se que se ingerirem por exemplo uma fatia de pizza com incorporação de 10% de farelo, o teor de fibra representa cerca de 45% e 68% (respetivamente) da quantidade fixada como ingestão diária recomendada (Slavin, 2003).

**Tabela 24- Valor nutricional por 100g de base de pizza isentas de glúten com incorporação de farelo de arroz vaporizado com granulometria 350-500  $\mu$ m e base de pizza controlo. \*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey), individualmente para cada parâmetro. \*\*média de dois valores.**

Valor Nutricional	Base de Pizza Controlo	Base de Pizza com 10% de farelo (350-500 $\mu$ m)
<b>Valor energético (kcal/100 g)</b>	<b>335,94</b>	<b>318,54</b>
Lípidos	7,17 $\pm$ 0,41 <sup>a</sup>	9,21 $\pm$ 0,87 <sup>b</sup>
Glúcidos	65,71	54,77
Proteína**	6,25	7,57
Fibra	27,14 $\pm$ 0,48 <sup>l</sup>	34,2 $\pm$ 0,98 <sup>l</sup>
Humidade	18,35 $\pm$ 1,34 <sup>m</sup>	25,36 $\pm$ 0,84 <sup>n</sup>
Cinza	2,52 $\pm$ 0,06 <sup>x</sup>	3,09 $\pm$ 0,05 <sup>z</sup>

### 3.5.8 Análise global

Na tabela seguinte (tabela 25) encontram-se os resultados do impacto da incorporação de 10% de farelo com granulometria 350-500  $\mu$ m nas características tecnológicas e sensoriais da base de pizza.

Tabela 25- Impacto da incorporação de 10% de farelo com granulometria 350-500 µm nas características tecnológicas e sensoriais da base de pizza.

Análise		Impacto da incorporação de 10% de farelo com granulometria 350-500 µm na base de pizza
Atividade da água		Diminuiu
Parâmetros de Perfil de Textura	Firmeza	Aumentou
	Adesividade	Diminuiu
	Coesividade	Diminuiu
Firmeza		Aumentou
Comportamento Reológico		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>G' &gt; G''</math></li> <li>• Conferiu estabilidade estrutural</li> </ul>
Aumento Volume - Fermentação		Diminuiu
Valor Nutricional		Aumentou

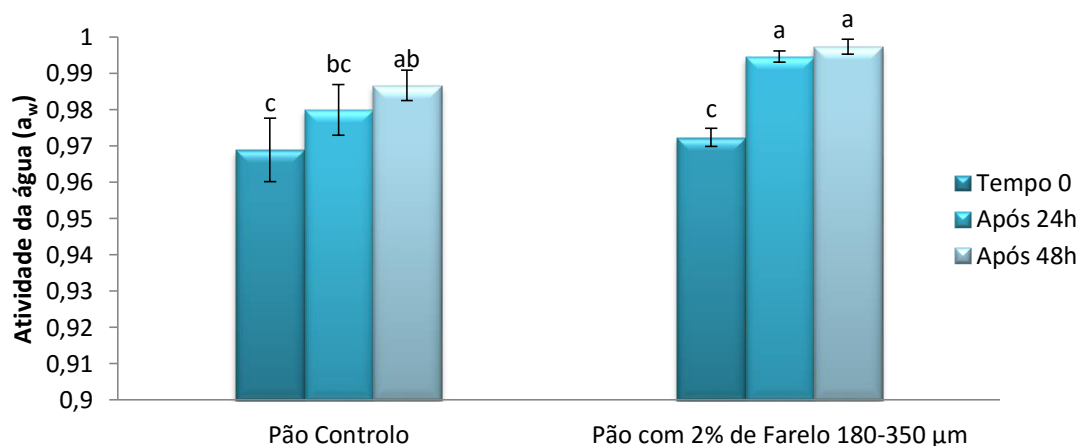
A incorporação de 10% de farelo com granulometria 350-500 µm nas bases controlo (sem farelo) aumentou a firmeza após cozimento, valor nutricional e firmeza (teste TPA). Relativamente ao teste de perfil de textura das massas, a adesividade e a coesividade diminuíram bem como a atividade da água. O aumento do volume após fermentação também se verificou inferior com a incorporação de farelo. Por outro lado, o comportamento reológico das massas de base de pizza demonstrou que a incorporação de farelo teve um impacto benéfico na estabilidade estrutural. Através do mesmo teste observou-se que as bases com incorporação de farelo apresentaram um comportamento predominantemente elástico ( $G' > G''$ ).

### 3.6 Pão controlo e com 2% de farelo com granulometria 180-350 µm

#### 3.6.1 Atividade da água

A atividade da água do pão controlo e do pão com 2% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 180-350 µm encontra-se representada na figura 43.





**Figura 43-Atividade da água ( $a_w$ ) do pão controlo e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria de 180-350 µm ao longo do tempo.**

**\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).**

A análise da atividade da água das duas formulações de pães foi analisada ao longo do tempo, uma vez que depois de feitos podem ser conservados durante dois dias. Posto isto, foi feita a determinação da atividade da água passadas duas horas da confeção (tempo 0), 24 horas (após 24h) e por último ao fim de 48 horas (após 48 h). É importante referir que os pães foram armazenados em condições vulgares de acondicionamento doméstico, isto é, sem controlo da variação da humidade.

As diferenças entre os resultados só foram significativas ( $p < 0,05$ ) nas medições das 24 e 48 horas do pão controlo como se pode verificar na figura 43. O pão controlo teve um registo de  $a_w$  no tempo zero e após 48 horas de 0,968 e 0,986 respetivamente, enquanto o pão com 2% de farelo apresentou valores de 0,972 e 0,997. O facto de os resultados de ambas as formulações serem tão próximos está relacionado com o facto de que a solubilidade da água do farelo de arroz vaporizado (figura 25) não ser muito superior à da farinha de arroz carolino (figura 23). Uma vez que apenas se substituiu 2% de farelo pela mesma quantidade de farinha, os resultados da atividade da água não foram muito discrepantes entre si. No entanto, os valores de  $a_w$  correspondentes ao pão controlo foram sempre inferiores. Por último é importante referir que ambas as formulações dos pães apresentaram valores de  $a_w$  próximos de um o que os torna alimentos muito pouco estáveis em termos microbiológicos (Castro, 2003).

### 3.6.2 Análise do perfil de textura da massa

A massa do pão controlo e do pão com 2% de farelo apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) da firmeza e adesividade como é possível observar na tabela 26. Relativamente à coesividade houve uma diminuição na leitura do pão com 2% de farelo comparativamente ao pão controlo, não existindo no entanto diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). A análise do

perfil de textura da massa dos pães é semelhante às das bolachas e das bases de pizza onde a incorporação de farelo provoca um aumento de firmeza e uma diminuição da adesividade e coesividade. Estes factos estão de acordo com os resultados obtidos por Frutos *et al.*, 2008 onde se comprova que o aumento do índice de solubilidade devido à adição de fibra provoca alterações nas propriedades viscoelásticas, reduzindo o volume e tornou a massa mais compacta.

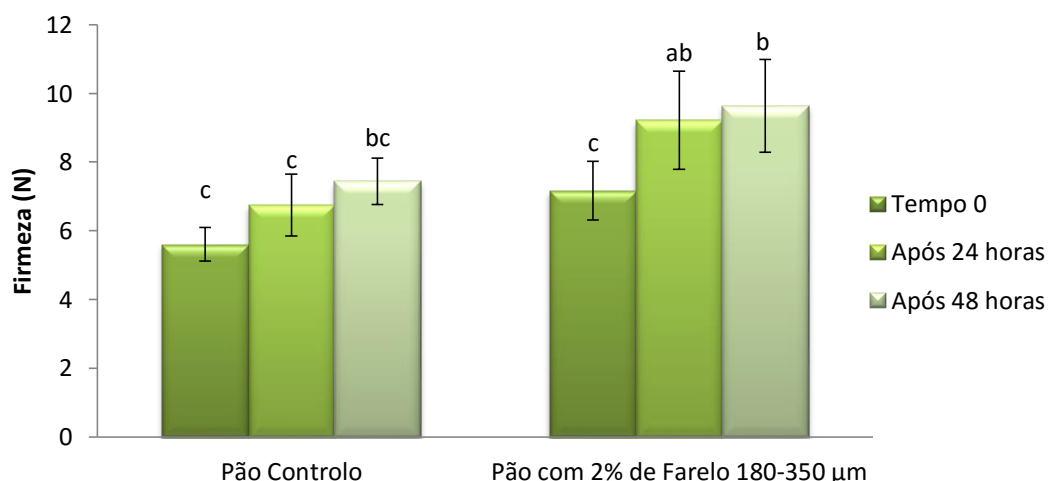
**Tabela 26- Firmeza, adesividade e coesividade da massa do pão controlo e da massa do pão com 2% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ .**

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

	Massa do Pão Controlo	Massa do Pão com 2% de Farelo
<b>Firmeza (N)</b>	$0,03 \pm 0,002^a$	$0,05 \pm 0,004^b$
<b>Adesividade (N.s)</b>	$0,33 \pm 0,02^m$	$0,23 \pm 0,02^n$
<b>Coesividade</b>	$0,68 \pm 0,04^p$	$0,59 \pm 0,06^q$

### 3.6.3 Análise da textura dos Pães

A análise à textura do pão controlo e do pão com 2% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$  encontra-se na figura 44.



**Figura 44- Firmeza do pão controlo e do pão com 2% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ .**

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

Esta análise foi realizada ao longo do tempo (figura 44), considerando um prazo de conservação de dois dias. Posto isto, a determinação da textura passadas duas horas da confeção (tempo 0), 24 horas (após 24h) e ao fim de 48 horas (após 48 h). É importante referir que os pães foram armazenados em condições vulgares de acondicionamento doméstico, isto é, sem controlo da variação da humidade.

Tanto o pão controlo como o pão com incorporação de farelo apresentaram um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) de firmeza ao longo das 48 h de armazenamento, sendo que o pão com farelo mostrou sempre uma maior variação de firmeza em comparação ao pão controlo. Tanto os resultados obtidos anteriormente das bolachas e pizzas neste estudo, como também os resultados obtidos por Frutos *et al.*, 2008, a incorporação de farelo permitiu uma maior contribuição de fibra à formulação que mais uma vez teve um efeito de diluição modificando as propriedades viscoelásticas e tornando a estrutura do pão mais firme. Segundo Raymundo *et al.*, (2014) a existência de uma maior solubilidade devido à presença da fibra do farelo de arroz também promove o estabelecimento de interações entre proteínas e polissacáridos o que contribuiu para uma maior estruturação da massa.

### 3.6.4 Testes oscilatórios

Os espectros mecânicos das massas do pão controlo e do pão com 2% de farelo com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$  encontram-se representados na figura 45.

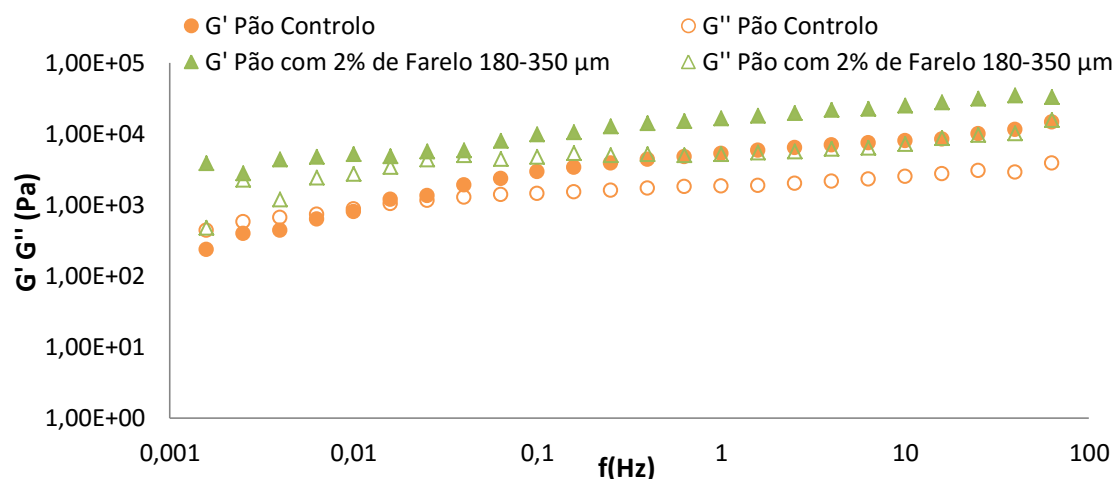


Figura 45- Espectros mecânicos do pão controlo e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$ .

Relativamente ao espectro mecânico das massas do pão sem glúten controlo (figura 45) observa-se uma região predominantemente viscosa, para baixas frequências de oscilação, onde o módulo  $G''$  é superior ao módulo  $G'$  (Castro, 2001). Com o aumento da frequência observa-se uma fase de transição onde o módulo  $G'$  fica superior ao modo  $G''$  (Castro, 2003). Tanto a massa controlo como a massa do pão com 2% de farelo apresentam um comportamento predominantemente elástico devido ao facto da componente elástica ( $G'$ ) ser superior à componente viscosa ( $G''$ ). Como a diferença entre os módulos viscoelásticos é muito reduzida, em ambas as amostras, as massas dos pães são típicas de sistemas pouco estruturados (Castro, 2003). No entanto, é importante salientar que a massa do pão

com 2% de farelo apresenta módulos de  $G'$  e  $G''$  superiores aos da massa controle, indicando uma maior estabilidade estrutura. Além disso, ambos os módulos aumentam com o aumento da frequência, o que demonstra que para frequências mais altas a massa fica com um aumento no reforço na sua estrutura (Raymundo *et al.*, 2014). O efeito verificado do reforço do grau de estruturação da massa de pão devido à incorporação de farelo é semelhante ao que se verificou no caso das bolachas.

### 3.6.5 Análise do aumento de volume ao longo da fermentação

Na seguinte figura (figura 46) está representado a capacidade de expansão (*over-run*) ao longo da fermentação da massa dos pães controle e com 2% de farelo de arroz com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ .

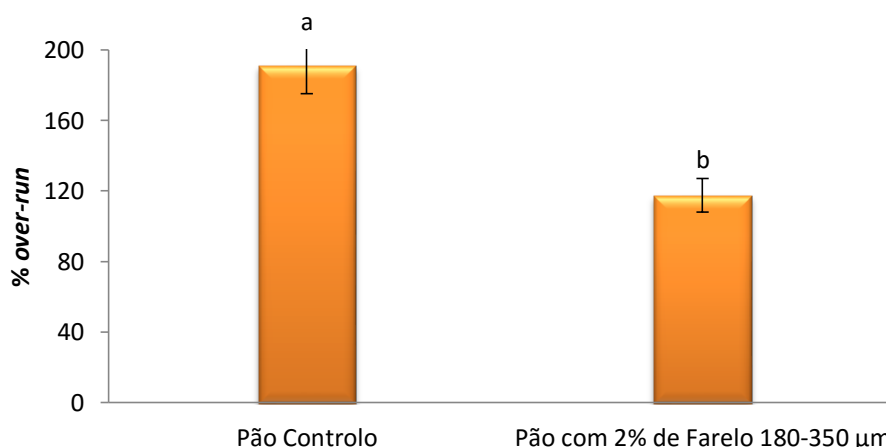


Figura 46- Capacidade de expansão (*over-run*) das massas do pão controle e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$ .

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

A análise da capacidade de expansão das massas do pão com e sem incorporação de farelo foi efetuada através da percentagem de *over-run* determinada após fermentação das mesmas. Observando a figura 46 é visível uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) da percentagem de *over-run* com a incorporação de farelo. O valor elevado de *over-run* do pão controle deveu-se à adição de levedura e fermento que provocaram o aumento das massas devido à formação de alvéolos criados através da libertação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (Elmer *et al.*, 1959). Tendo em conta que o farelo de arroz vaporizado tem um índice de solubilidade e de absorção de água superior à da farinha de arroz carolino que foi substituída no pão, o teor de humidade da massa torna-se maior e consequentemente a sua estrutura interna fica mais rígida não permitindo a expansão da massa, tal como observado no caso das bases de pizza (Oliver *et al.*, 1997).

### 3.6.6 Análise da cor

Tal como na análise de cor das bolachas e das bases de pizza, verifica-se que houve uma diminuição do parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) após a incorporação de 2% de farelo de arroz com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$  com uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ), como é observável na tabela 27. Uma vez que no parâmetro luminosidade, 0 indica a cor preta e 100 indica cor branca, podemos concluir que ao adicionar farelo a base de pizza escureceu. Esta situação está de acordo com o esperado tendo em conta que este subproduto da indústria do arroz tem uma cor escura.

Por outro lado, a incorporação de farelo tornou a massa com uma tonalidade mais vermelha mas ligeiramente mais amarela uma vez que os parâmetros de cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$  aumentaram como se pode observar na tabela 27. Para ambos os parâmetros não se observaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Tabela 27- Parâmetros de cor do pão controlo e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$ .

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Pão Controlo</b>	$82,17 \pm 1,18^a$	$-1,53 \pm 0,10^m$	$26,34 \pm 0,30^x$
<b>Pão com 2% de Farelo</b>	$76,17 \pm 0,87^b$	$0,58 \pm 0,07^n$	$27,27 \pm 0,37^z$

### 3.6.7 Análise da composição nutricional

A composição nutricional por 100 g dos pães em estudo (com e sem farelo), foi obtida através da quantificação dos teores de lípidos, glúcidos, proteínas, fibras, humidade e cinza. É importante salientar que o teor de glúcidos foi determinado pela diferença para cem por cento dos restantes macronutrientes.

Através da análise nutricional (tabela 28) dos dois pães em estudo (com e sem farelo) apenas a quantificação de fibras não apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). O teor de lípidos foi superior no pão com 2% de farelo tendo em conta que ao substituir a farinha de arroz carolino por farelo de arroz vaporizado houve um aumento do teor de lípidos por parte do farelo. Sabendo que para o cálculo do valor energético é necessário considerar o teor de lípidos, glúcidos e proteína seria espectável que o valor energético fosse mais alto no pão com adição de farelo. Tal facto foi corroborado como indicado na tabela 28, onde 100 g (correspondente a uma fatia generosa) de pão com 2% de farelo apresenta um valor energético superior (253,72 kcal) ao do pão controlo (235,73 kcal).

Tendo em conta que a ingestão diária recomendada de fibra total para adultos com idades compreendidas entre os 19 os 50 anos foi fixada em 38 g para os homens e 25 g para as

mulheres, constata-se que se ingerirem por exemplo uma fatia de pão de 100 g com incorporação de 2% de farelo, o teor de fibra representa cerca de 63% e 86% (respetivamente) da quantidade fixada como ingestão diária recomendada (Slavin, 2003).

**Tabela 28-Valor nutricional por 100g do pão isento de glúten com incorporação de farelo de arroz vaporizado com granulometria 180-350 µm e pão controlo. \*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as formulações (p<0,05), de acordo com a ANOVA (individualmente para cada parâmetro). \*\*média de dois valores.**

Valor Nutricional	Pão Controlo	Pão com 2% de farelo (180-350 µm)
<b>Valor energético (kcal/100 g)</b>	<b>235,73</b>	<b>253,72</b>
Lípidos	1,88 ± 0,14 <sup>a</sup>	3,43 ± 0,16 <sup>b</sup>
Glúcidos	53,24	54,04
Proteína**	4,79	5,05
Fibra	23,24 ± 0,73 <sup>l</sup>	24,16 ± 0,75 <sup>j</sup>
Humidade	38,42 ± 0,47 <sup>m</sup>	34,90 ± 1,19 <sup>n</sup>
Cinza	1,67 ± 0,02 <sup>x</sup>	2,58 ± 0,04 <sup>z</sup>

### 3.6.8 Análise global

Na tabela seguinte (tabela 29) encontram-se os resultados do impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm nas características tecnológicas e sensoriais do pão.

**Tabela 29- Impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm nas características tecnológicas e sensoriais do pão.**

Análise		Impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm no Pão
Atividade da água		Aumentou
Parâmetros de Perfil de Textura	Firmeza	Aumentou
	Adesividade	Diminuiu
	Coesividade	Diminuiu
Firmeza		Aumentou
Comportamento Reológico		<ul style="list-style-type: none"> <li>G'&gt;G''</li> <li>Conferiu estabilidade estrutural</li> </ul>
Aumento Volume - Fermentação		Diminuiu
Valor Nutricional		Aumentou

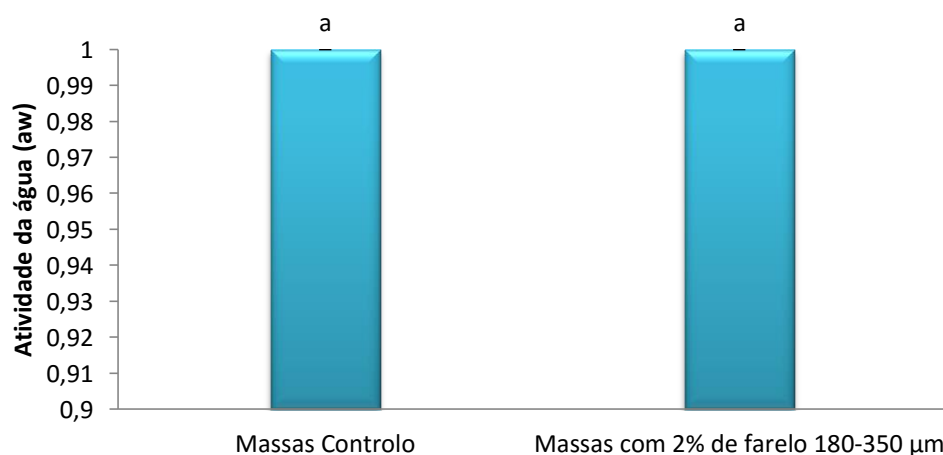
A incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm no pão (sem farelo) aumentou a atividade da água, firmeza após cozimento, valor nutricional e firmeza (teste TPA). Relativamente ao teste de perfil de textura das massas, a adesividade e a

coesividade diminuíram. O aumento do volume após fermentação também se verificou inferior com a incorporação de farelo. Por outro lado, o comportamento reológico das massas do pão demonstrou que a incorporação de farelo teve um impacto benéfico na estabilidade estrutural. Através do mesmo teste observou-se que os pães com incorporação de farelo apresentaram um comportamento predominantemente elástico ( $G' > G''$ ).

### 3.7 Massas alimentícias controlo e com 2% de farelo com granulometria 180-350 $\mu\text{m}$

#### 3.7.1 Atividade da água

A atividade da água da massa alimentícia fresca controlo e com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$  encontra-se representada na figura 47.



**Figura 47- Atividade da água ( $a_w$ ) da massa controlo e da massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ .**

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

Tanto a massa controlo como a massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$  apresentaram valores de atividade de água muito elevados (figura 47), sem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), que demonstram uma alta suscetibilidade por parte destes alimentos para o desenvolvimento microbiano (Castro, 2003). Estes resultados são expectáveis uma vez que as massas foram submetidas ao processo de cozedura, não tendo sido posteriormente submetidas a nenhum processo de secagem. A avaliação deste parâmetro foi feita unicamente no dia da sua produção uma vez que são produtos para consumo imediato.

### 3.7.2 Análise do perfil de textura das massas alimentícias

As massas frescas foram de todos os produtos em estudo os únicos em que a incorporação do farelo de arroz foi feita substituindo a farinha de milho e não a farinha de arroz gelatinizada. Verificou-se que nas massas cruas, a massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$  teve um aumento significativo ( $p<0,05$ ) da firmeza e da coesividade, e a diminuição da adesividade, quando comparadas com a massa fresca controlo. Segundo Frutos *et al.*, 2008 a substituição de farinha de arroz por farelo aumentava a firmeza da estrutura interna das massas estudadas devido ao teor de fibra do farelo. No entanto estudos elaborados por Hussein *et al.* (2013) demonstraram que a absorção de água de uma matriz alimentar diminui com a presença de farinha de milho. Este facto está de acordo com os resultados da firmeza obtidos na tabela 30, uma vez que ao adicionar farelo à formulação retirou-se farinha de milho. Este aumento na absorção de água também pode ser atribuído à capacidade da farinha de arroz absorver mais água comparativamente à farinha de milho (Hussein *et al.*, 2013).

Tabela 30-Firmeza (N), adesividade (N.s) e coesividade da massa fresca controlo e com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ .

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p<0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

Parâmetros	Massa Fresca Controlo	Massa Fresca com 2% de Farelo
Firmeza (N)	8,85 $\pm$ 0,47 <sup>a</sup>	10,59 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>
Adesividade (N.s)	18,04 $\pm$ 1,52 <sup>m</sup>	15,65 $\pm$ 0,97 <sup>n</sup>
Coesividade	0,56 $\pm$ 0,04 <sup>p</sup>	0,61 $\pm$ 0,03 <sup>q</sup>

### 3.7.3 Análise da textura das Massas Alimentícias

Na tabela 31 apresentam-se os resultados da textura das massas alimentícias após cozedura, considerando os parâmetros firmeza e extensibilidade.

Existem inúmeros fatores que influenciam estes dois parâmetros tecnológicos nomeadamente a retrogradação do amido, que no caso do arroz tem uma baixa capacidade de formar géis elásticos, bem como o teor de amilose presente na farinha utilizada (Cham *et al.*, 2010). Verificou-se que a firmeza da massa fresca com 2% de farelo com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$  não difere significativamente ( $p<0,05$ ) da massa fresca controlo (sem farelo). Apesar de pequena, é interessante que tenha ocorrido uma diminuição da firmeza, uma vez que está de acordo com o verificado por Marti *et al.*, (2010) e Susanna *et al.*, (2013) onde se confirma que um maior teor de fibra (neste caso através do farelo incorporado) é responsável pelo enfraquecimento da rede de amido presente na



matriz alimentar, que depois é libertado para a água de cozedura, refletindo-se na perda da firmeza da massa alimentícia. Segundo Ormenese *et al*, (2002) e Moura, (2011), por norma as massas sem glúten têm uma capacidade de extensibilidade inferior às massas com glúten, uma vez que não existe rede proteica que confere uma melhor estrutura às matrizes alimentares. É importante salientar o papel da rede de amido na estrutura das massas que após a cozedura e por serem constituídas por ligações proteína-proteína irreversíveis têm capacidade de encapsular os grânulos de amido e conferir maior extensibilidade (West *et al*, 2013). O farelo de arroz provoca um enfraquecimento da rede proteica originando uma massa viscosa e com uma consistência fraca. Relativamente à extensibilidade das massas, é notório o efeito positivo do farelo.

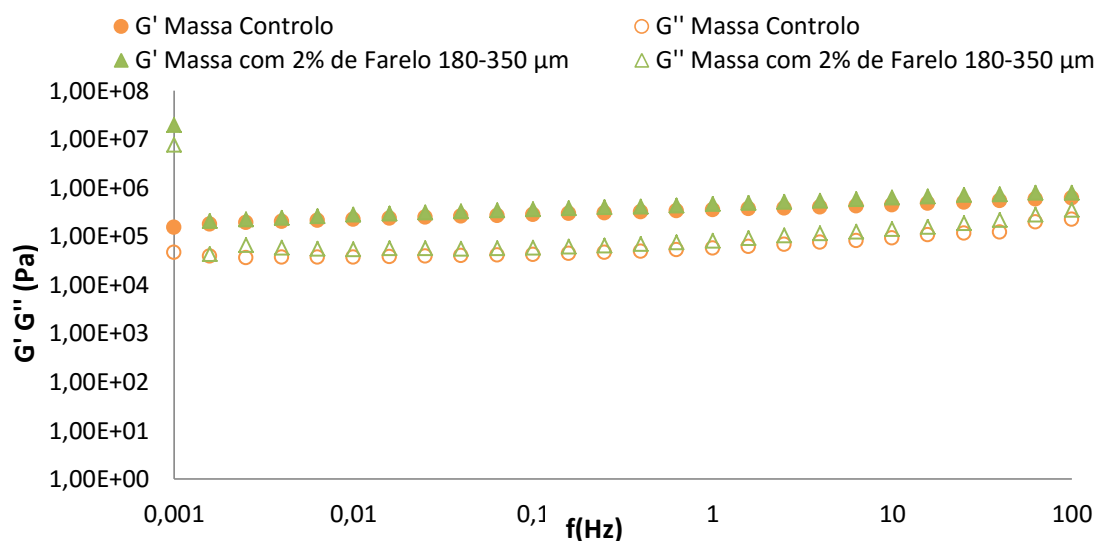
**Tabela 31-Firmeza e extensibilidade da massa controlo e da massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350 µm.**

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

Parâmetros	Massa Fresca Controlo	Massa Fresca com 2% de Farelo
Firmeza (N)	9,47±0,76 <sup>a</sup>	8,99±0,78 <sup>a</sup>
Extensibilidade (mm)	7,91±4,24 <sup>m</sup>	13,23±7,10 <sup>n</sup>

### 3.7.4 Testes oscilatórios

Os espectros mecânicos das massas alimentícias frescas controlo e com 2% de farelo com granulometria 180-350 µm encontram-se representados na figura 48.



**Figura 48- Espectros mecânicos da massa controlo e da massa com 2% de farelo carolino com granulometria 180-350 µm.**

Os espectros mecânicos das massas frescas alimentícias controlo e com 2% de farelo com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$ , são muito diferentes do caso das bolachas, das bases de pizza e do pão uma vez que neste caso, a incorporação de farelo não reforçou a estrutura. O módulo elástico ( $G'$ ) é sempre superior ao módulo viscoso ( $G''$ ) demonstrando um comportamento predominantemente elástico por parte dos dois alimentos, sendo importante salientar que ambas as massas apresentaram um comportamento com baixo grau de estruturação atendendo à proximidade entre os valores de  $G'$  e  $G''$  (Castro, 2003).

### 3.7.5 Parâmetros tecnológicos

Para a avaliação dos parâmetros tecnológicos das massas frescas foi determinado o índice de inchamento (g/g), a perda de sólidos solúveis (%) e a absorção de água (%) para cada uma delas, tal como descrito na tabela 32. Em relação ao índice de inchamento este foi significativamente ( $p < 0,05$ ) superior na massa com 2% de farelo comparativamente à massa controlo. Desta forma podemos concluir que a adição do farelo de arroz carolino contribuiu para a maior absorção de água por parte das proteínas e do amido presentes na massa.

Os sólidos solúveis advêm da solubilização do amido gelatinizado, fenómeno que ocorre durante o processo de cozedura devido ao retardamento da formação de uma rede proteica estruturada, que é responsável pela retenção do amido. Tendo em conta que a solubilização do amido e a formação da rede proteica dependem da disponibilidade de água durante a cozedura e sabendo que a adição de fibra aumenta a solubilidade, seria previsível que o aumento da perda de sólidos solúveis aquando da incorporação de farelo. Este facto é corroborado com a incorporação de farelo de arroz carolino (Fernandes *et al.*, 2013; Marti *et al.*, 2013). Segundo Hummel (1966), citado por Schmiele *et al.* (2013) as massas frescas com boa qualidade devem ter no máximo 6% de perda de sólidos solúveis, sendo que ambas as massas estudadas se encontram dentro deste requisito de qualidade. Observa-se que, relativamente à absorção de água, existe um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) deste parâmetro com a incorporação de farelo na massa. A adição deste subproduto da indústria do arroz conduziu a uma maior absorção de água uma vez que com a substituição da farinha de milho pelo farelo de arroz carolino houve um aumento da solubilidade da água nas formulações, o que tornou a massa com farelo mais húmida (Frutos *et al.*, 2008).

Tabela 32-Parâmetros tecnológicos da massa controle e da massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria 180-350 µm.

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

	Índice de inchamento (g/g)	Perda de sólidos solúveis (%)	Absorção de água (%)
<b>Massa Controle</b>	1,48±0,10 <sup>a</sup>	3,93±0,13 <sup>m</sup>	44,43±1,29 <sup>x</sup>
<b>Massa com 2% de Farelo</b>	1,93±0,17 <sup>b</sup>	5,52±0,40 <sup>n</sup>	50,79±1,56 <sup>z</sup>

### 3.7.6 Análise da cor

Tal como na análise de cor das bolachas, bases de pizza e pães verifica-se que houve uma diminuição do parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) após a incorporação de 2% de farelo de arroz carolino com granulometria de 180-350 µm com uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ), como é observável na tabela 33. Uma vez que no parâmetro luminosidade, 0 indica a cor preta e 100 indica cor branca, podemos concluir que ao adicionar farelo a massa alimentícia escureceu. Esta situação está de acordo com o esperado tendo em conta que este subproduto da indústria do arroz tem uma cor escura.

Para as massas, o parâmetro de cromaticidade  $a^*$  teve um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) com a incorporação de farelo como se pode verificar na tabela 33. Relativamente ao parâmetro  $b^*$  é notória a diminuição significativa deste parâmetro ( $p < 0,05$ ) com adição de farelo, o que demonstra que em ambos os casos a cozedura das massas alimentícias levou a uma perda de sólidos solúveis como se comprova na tabela 32. Para saber o impacto da cozedura na cor das massas controle e com farelo calculou-se a diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) entre as amostras cruas e cozidas com base na variação entre os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . A massa controle apresentou uma maior perda de cor ( $\Delta E^*$ ) devido ao processo de cozedura comparativamente à massa fresca com farelo o que leva a concluir que o farelo de arroz, em termos de cor não se altera significativamente quando submetido a um processo de cozedura. Esta situação é importante tendo em conta que o consumidor obtém uma massa o mais semelhante possível em termos visuais comparativamente à massa que comprou (crua).

Tabela 33-Parâmetros de cor da massa controlo e da massa com 2% de farelo de arroz carolino com granulometria 180-350 µm.

\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

	L*	a*	b*
<b>Massa Controlo Crua</b>	79,51 ± 085 <sup>a</sup>	-1,95 ± 0,13 <sup>p</sup>	43,73 ± 0,46 <sup>e</sup>
<b>Massa Controlo Cozida</b>	75,50 ± 0,77 <sup>m</sup>	-3,65 ± 0,24 <sup>x</sup>	39,22 ± 2,19 <sup>l</sup>
<b>ΔE* - Diferença total de cor</b>	<b>11,25</b>		
<b>Massa com 2% de Farelo Crua</b>	74,90 ± 0,94 <sup>b</sup>	0,21 ± 0,01 <sup>q</sup>	39,63 ± 0,73 <sup>j</sup>
<b>Massa com 2% de Farelo Cozida</b>	71,26 ± 1,80 <sup>n</sup>	-0,64 ± 0,03 <sup>z</sup>	34,25 ± 1,28 <sup>i</sup>
<b>ΔE* - Diferença total de cor</b>	<b>6,51</b>		

### 3.7.8 Análise da composição nutricional

A composição nutricional por 100 g das massas alimentícias em estudo (com e sem farelo), foi obtida através da quantificação dos teores de lípidos, glúcidos, proteínas, fibras, humidade e cinza. É importante salientar que o teor de glúcidos foi determinado pela diferença para cem por cento dos restantes macronutrientes.

Através da análise nutricional das massas frescas controlo e com 2% de farelo (tabela 34) determinou-se o teor de lípidos e de fibra e concluiu-se através da análise estatística que não se obtiveram diferenças significativas entre cada formulação ( $p < 0,05$ ). Este facto mostra que a adição de farelo na massa não teve um grande impacto a nível nutricional. As únicas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) ocorreram ao nível da humidade e cinza onde ao nível da primeira a massa com 2% de farelo teve um resultado de 41,73 g. Esta situação está de acordo com o esperado tendo em conta que um maior teor de fibra está associado a um aumento do índice de solubilidade da água e por consequência a sua humidade aumenta (Frutos *et al.*, 2008). Do ponto de vista calórico, 100g de massa fresca controlo, só acresce em 3,42 kcal quando comparados com a massa fresca com 2% de farelo.

Tendo em conta que a ingestão diária recomendada de fibra total para adultos com idades compreendidas entre os 19 os 50 anos foi fixada em 38 g para os homens e 25 g para as mulheres, constata-se que se ingerirem por exemplo uma dose individual (90 g) de massa com incorporação de 2% de farelo, o teor de fibra representa cerca de 66% e 90% (respetivamente) da quantidade fixada como ingestão diária recomendada (Slavin, 2003).

Tabela 34-Valor nutricional por 100g de massa fresca isenta de glúten com incorporação de farelo de arroz carolino com granulometria 180-350 µm e massa fresca controle. \*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as formulações (p<0,05), de acordo com a ANOVA (individualmente para cada parâmetro). \*\*média de dois valores.

Valor Nutricional	Massas Frescas Controle	Massas Frescas com 2% de farelo (180-350 µm)
<b>Valor energético (kcal/100 g)</b>	<b>225,44</b>	<b>222,02</b>
Lípidos	1,08 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,15 ± 0,03 <sup>a</sup>
Glúcidos	52,31	51,09
Proteína**	4,89	5,02
Fibra	26,85 ± 1,51 <sup>l</sup>	27,88 ± 1,06 <sup>l</sup>
Humidade	40,78 ± 0,41 <sup>m</sup>	41,73 ± 0,21 <sup>n</sup>
Cinza	0,94 ± 0,03 <sup>x</sup>	1,01 ± 0,01 <sup>z</sup>

### 3.7.9 Análise global

Na tabela seguinte (tabela 35) encontram-se os resultados do impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm nas características tecnológicas e sensoriais das massas alimentícias frescas.

Tabela 35- impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm nas características tecnológicas e sensoriais das massas alimentícias frescas.

Análise		Impacto da incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm nas massas alimentícias
<b>Atividade da água</b>		Igual
<b>Parâmetros de Perfil de Textura</b>	<b>Firmeza</b>	Aumentou
	<b>Adesividade</b>	Diminuiu
	<b>Coesividade</b>	Aumentou
<b>Firmeza</b>		Diminuiu
<b>Extensibilidade</b>		Aumentou
<b>Comportamento Reológico</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>G' &gt; G''</li> <li>Não conferiu estabilidade estrutural</li> </ul>
<b>Parâmetros Tecnológicos</b>	<b>Índ. de Inchamento</b>	Aumentou
	<b>Perda S.S</b>	Aumentou
	<b>Absorção de Água</b>	Aumentou
<b>Valor Nutricional</b>		Diminuiu

A incorporação de 2% de farelo com granulometria 180-350 µm nas massas alimentícias (sem farelo) manteve a atividade da água (sem diferenças significativas (p<0,05)), aumentou a extensibilidade após cozimento, a firmeza e coesividade (teste TPA). Os

resultados da adesividade (teste TPA), diminuíram, bem como o valor nutricional. Relativamente ao índice de inchamento, perda de sólidos solúveis e absorção de água, houve um aumento ao nível de todos os parâmetros. O aumento do volume após fermentação também se verificou inferior com a incorporação de farelo, tal como no caso das bases de pizza. Por outro lado, o comportamento reológico das massas alimentícias demonstrou que a incorporação de farelo teve um fraco impacto na estabilidade estrutural devido à proximidade dos módulos  $G'$  e  $G''$ . Através do mesmo teste observou-se que as massas com incorporação de farelo apresentaram um comportamento predominantemente elástico ( $G' > G''$ ).

### 3.8 Mixes da Bolacha, Base de Pizza e Pão

#### 3.8.1 Atividade da água

A atividade da água dos mixes da bolacha controlo, da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ , da base de pizza controlo, da base de pizza com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 350-500  $\mu\text{m}$ , do pão controlo e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$  encontra-se representada na figura 49.

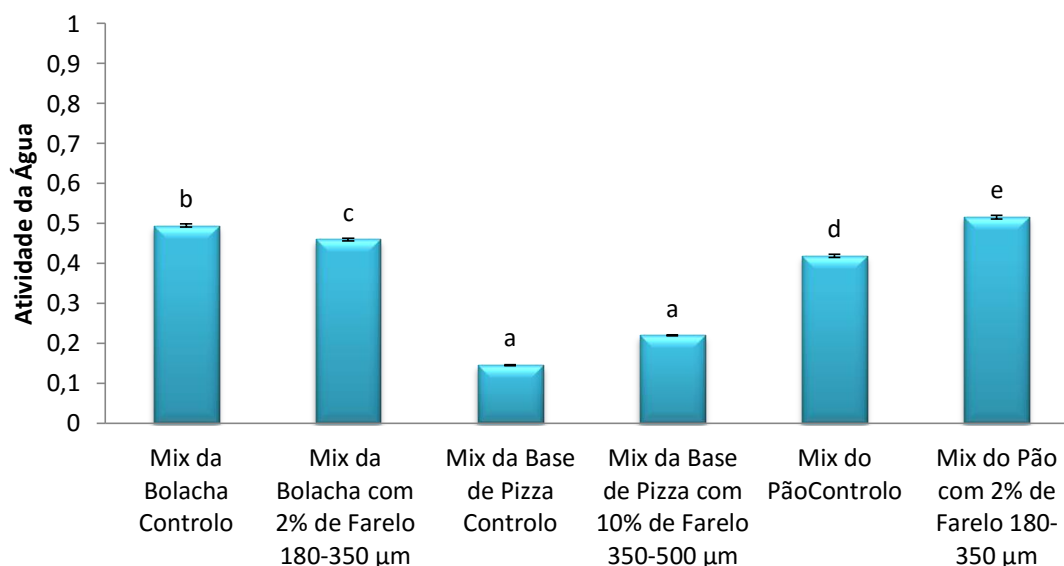


Figura 49- Atividade da água ( $a_w$ ) dos mixes da bolacha controlo, da bolacha com 2% de farelo de arroz agulha com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ , da base de pizza controlo, da base de pizza com 10% de farelo de arroz vaporizado com granulometria de 350-500  $\mu\text{m}$ , do pão controlo e do pão com 2% de farelo vaporizado com granulometria de 180-350  $\mu\text{m}$ .

\*As letras localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey).

Todos os mixes apresentaram valores de atividade da água inferiores a 0,5 (figura 49) o que era expectável uma vez que nas suas composições só existem ingredientes secos,

portanto, com baixo teor de humidades. Entre eles apenas os mixes das bases de pizza, sem diferenças significativas entre si ( $p < 0,05$ ), têm valores de  $a_w$  inferiores a 0,3 ficando apenas suscetíveis a reações de escurecimento, oxidação e atividade enzimática (Castro, 2003). Por outro lado todos os outros têm mais probabilidade de ocorrência de reações químicas, enzimáticas e crescimento de fungos (Castro, 2003) tendo todos eles diferenças significativas entre si ( $p < 0,05$ ).

### 3.8.2 Composição nutricional

A composição nutricional por 100 g dos mixes em estudo (bolachas, bases de pizza e pães com e sem farelo), foi obtida através da quantificação dos teores de lípidos, glúcidos, proteínas, fibras, humidade e cinza. É importante salientar que o teor de glúcidos foi determinado pela diferença para cem por cento dos restantes macronutrientes.

Na tabela 36 observa-se que a humidade do mix da bolacha controlo (16,09 g) foi significativamente superior à do mix da bolacha com 2% de farelo (14,61 g) e apesar de ser pequena, a diferença é significativa ( $p < 0,05$ ), ao contrário da cinza que não apresentou discrepâncias consideráveis ( $p < 0,05$ ) entre as duas formulações. No entanto tanto os valores de humidade como os de cinza podem ser considerados baixos tendo em conta que os mixes não têm adição de água nem de óleo na sua composição.

Tabela 36-Valor nutricional por mix (100 g) de bolacha isenta de glúten com incorporação de farelo de arroz agulha com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$  e de bolacha controlo. \*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey), individualmente para cada parâmetro. \*\*média de dois valores.

Valor Nutricional	Bolacha Controlo	Bolacha com 2% de farelo (180-350 $\mu\text{m}$ )
Valor energético (kcal/100 g)	347,97	352,57
Lípidos	0,98 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	1,51 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>
Glúcidos	83,54	83,32
Proteína**	6,46	6,64
Fibra	17,55 $\pm$ 0,07 <sup>i</sup>	17,72 $\pm$ 0,09 <sup>j</sup>
Humidade	6,44 $\pm$ 0,06 <sup>m</sup>	5,84 $\pm$ 0,01 <sup>n</sup>
Cinza	2,58 $\pm$ 0,04 <sup>x</sup>	2,69 $\pm$ 0,09 <sup>z</sup>

Na tabela 37 a humidade do mix da base de pizza controlo (22,44 g) foi ligeiramente inferior à do mix da base com 10% de farelo (21,48 g) e apesar de ser pequena, a diferença é significativa ( $p < 0,05$ ). Este acontecimento deve-se ao facto de que os mixes não têm adição de água, ovo nem de óleo na sua composição. É importante salientar que a quantidade de fibra presente no mix da base de pizza com farelo é bastante alta (109,73

g) comparativamente à base controlo, uma vez que houve adição de 10% de farelo, composto que é muito rico em fibras (109,73 g).

**Tabela 37-Valor nutricional por mix (100 g) de base de pizza isentas de glúten com incorporação de farelo de arroz vaporizado com granulometria 350-500 µm e base de pizza controlo. \*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as médias para  $p < 0,05$  (ANOVA, teste de Tukey), individualmente para cada parâmetro. \*\*média de dois valores.**

Valor Nutricional	Base de Pizza Controlo	Base de Pizza com 10% de farelo (350-500 µm)
<b>Valor energético (kcal/100 g)</b>	<b>337,69</b>	<b>354,76</b>
Lípidos	0,94 ± 0,04 <sup>a</sup>	5,2 ± 0,02 <sup>b</sup>
Glúcidos	80,82	73,60
Proteína**	6,54	8,01
Fibra	25,08 ± 0,04 <sup>l</sup>	43,90 ± 0,01 <sup>l</sup>
Humidade	8,97 ± 0,01 <sup>m</sup>	8,59 ± 0,01 <sup>n</sup>
Cinza	2,72 ± 0,06 <sup>x</sup>	4,60 ± 0,07 <sup>z</sup>

Relativamente aos mixes dos pães em estudo podemos observar na tabela 38 que o teor de lípidos do mix de pão controlo (15,22 g) não apresenta diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em comparação com o mix de pão com 2% de farelo (20,83 g). No entanto o teor de fibra aumenta de forma significativa ( $p < 0,05$ ) devido à adição de 2% de farelo que contém um teor superior comparado com a farinha carolino. Observando a humidade e cinza de ambas as formulações é notório que apesar das variações serem significativas ( $p < 0,05$ ) são valores pequenos, isto porque os mixes não contêm água na sua constituição.

**Tabela 38- Valor nutricional por mix (100 g) de pão isento de glúten com incorporação de farelo de arroz vaporizado com granulometria 180-350 µm e pão controlo.\*As letras localizadas junto de cada desvio padrão representam a diferença significativa entre as formulações ( $p \leq 0,05$ ), de acordo com a ANOVA (individualmente para cada parâmetro). \*\*média de dois valores.**

Valor Nutricional	Pão Controlo	Pão com 2% de farelo (180-350 µm)
<b>Valor energético (kcal/100 g)</b>	<b>347,84</b>	<b>353,72</b>
Lípidos	3,04 ± 0,02 <sup>a</sup>	4,17 ± 0,05 <sup>a</sup>
Glúcidos	77,70	75,94
Proteína**	7,27	7,86
Fibra	23,23 ± 0,01 <sup>l</sup>	25,34 ± 0,04 <sup>l</sup>
Humidade	9,95 ± 0,01 <sup>m</sup>	9,62 ± 0,017 <sup>n</sup>
Cinza	2,04 ± 0,04 <sup>x</sup>	2,41 ± 0,06 <sup>z</sup>



### 3.8.3 Apresentação final

Com a obtenção das formulações dos mixes das bolachas, bases de pizza e pães isentos de glúten com incorporação de farelo com granulometrias diferentes, tornou-se interessante desenvolver um produto final que teria possibilidade de entrar num nicho de mercado ainda pouco explorado. Para a escolha do nome da marca, uma vez que se tratam de produtos feitos a partir da indústria do arroz, elegeu-se *Oryza* como o nome da marca. *Oryza* denomina em latim o género botânico na classificação taxonómica da família do comumente conhecido arroz. Foi escolhida uma embalagem *transwrap* como embalagem primária e uma de cartão como embalagem secundária (figura 50).



Figura 50- Sugestão para a apresentação dos produtos finais – Mix para bolachas, Mix para pizza e Mix para pão.

Para lançar a marca no mercado criou-se o *slogan* “A sua alimentação sem limitação”. Esta frase adequa-se ao público-alvo, comunidade celíaca, uma vez que a marca dispõe de quatro produtos distintos capazes de tornar a sua alimentação mais completa e diversificada. Como estratégia de marketing foi criado um MUPI (Mobiliário Urbano Para Informação) e um *outdoor* (figura 51) para dar a conhecer a marca ao público.



Figura 51- Sugestão de MUPI (foto da esquerda) e *outdoor* (foto da direita) para a apresentação da marca Oryza ao público.

#### 4. Conclusões

A realização da presente dissertação permitiu verificar que a incorporação de farelo originou produtos com características tecnológicas e sensoriais mais desejáveis comparativamente aos produtos controlo sem farelo. A análise sensorial foi o ponto de partida para saber qual a preferência dos provadores entre as formulações desenvolvidas dos produtos com granulometrias de farelo de arroz diferentes. Concluiu-se que para a formulação das bolachas a quantidade de farelo ideal foi 2% de arroz agulha com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$ , para as bases de pizza a quantidade ideal de farelo de arroz vaporizado com granulometria 350-500  $\mu\text{m}$  foi de 10%. A formulação de pães desenvolvidos teve como quantidade de farelo ideal 2% do tipo vaporizado com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$ . Por último para as massas frescas a quantidade ideal de farelo de arroz carolino com granulometria 180-350  $\mu\text{m}$  foi de 2%.

Após a seleção das formulações de cada produto, procedeu-se ao estudo do efeito da incorporação de farelo.

Com a substituição da farinha de arroz agulha, carolino e vaporizado pelos três tipos de farelo, houve um aumento da solubilidade e absorção de água nas formulações, o que tornou as massas e os produtos com farelo mais húmidos. A maior retenção da água por parte da fibra do farelo de arroz e as mudanças texturais são dois fenómenos interrelacionados e como tal a maior humidade permitiu o aumento da firmeza e uma diminuição da adesividade e coesividade dos produtos. Deste modo a adição de um maior teor de fibra proveniente do farelo teve um efeito de diluição, modificando as propriedades viscoelásticas, reduzindo o volume e tornando as massas e os produtos mais compactos. Por outro lado relativamente às massas frescas verifica-se que a firmeza da massa fresca com 2% de farelo não difere significativamente ( $p < 0,05$ ) da massa fresca controlo. Esta diminuição deve-se ao facto da fibra ser responsável pelo enfraquecimento da rede de amido presente na matriz alimentar, que depois é libertado para a água de cozedura, refletindo-se na perda de firmeza da massa. Relativamente à extensibilidade registada pelas duas massas, é notória uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) com a incorporação de 2% de farelo que resultou num aumento deste parâmetro.

Em relação às propriedades reológicas das massas, é notória a capacidade do farelo de arroz favorecer a estabilidade da estrutura das massas de todos os alimentos em estudo, uma vez que os valores dos módulos  $G'$  e  $G''$  são sempre superiores e encontram-se mais distanciados que os parâmetros viscoelásticos das massas dos produtos controlo, demonstrando comportamentos predominantemente elásticos sendo importante salientar que ambas as massas frescas apresentaram um baixo grau de estrutura uma vez que a diferença entre os módulos  $G'$  e  $G''$  é inferior a uma década.

Em termos de cor uma vez que o parâmetro que mais caracteriza os diferentes alimentos é a luminosidade, podemos concluir que ao adicionar farelo os alimentos escureceram o que

está de acordo com o esperado tendo em conta que este subproduto da indústria do arroz tem uma cor escura.

A incorporação de farelo nas formulações das bases de pizza e pães reduziu drasticamente as suas capacidades de expansão. Tendo em conta que o farelo de arroz vaporizado tem um índice de solubilidade e de absorção de água superior à da farinha de arroz agulha e carolino que foram substituídas na base de pizza e no pão respetivamente, o teor de humidade da massa torna-se maior e consequentemente a sua estrutura interna fica mais rígida não permitindo a expansão da massa.

Em relação aos resultados do índice de inchamento das massas frescas este foi significativamente ( $p < 0,05$ ) superior na massa com 2% de farelo comparativamente à massa controlo. Desta forma podemos concluir que a adição do farelo de arroz carolino contribuiu para a maior absorção de água por parte das proteínas e do amido presentes na massa.

Os sólidos solúveis advêm da solubilização do amido gelatinizado e tendo em conta que esta depende da disponibilidade de água durante a cozedura e sabendo que a adição de fibra aumenta a solubilidade, houve um aumento da perda de sólidos solúveis aquando da incorporação de farelo. Observa-se que, relativamente à absorção de água, existe um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) causado pela incorporação de farelo na massa. A adição deste subproduto da indústria do arroz fez com que a absorção de água fosse maior uma vez que com a substituição da farinha de milho pelo farelo de arroz carolino houve um aumento da solubilidade da água nas formulações, o que tornou a massa com farelo mais húmida.

A análise da composição nutricional mostrou que a incorporação de farelo nos produtos desenvolvidos por norma aumentou o teor de lípidos, proteínas, fibra, humidade e cinza. Em relação aos mixes respetivos foi notória a diminuição da humidade uma vez que se trata de um produto seco sem adição de água, ovo ou óleo, ingrediente a adicionar posteriormente pelo consumidor.

Por último foi apresentada uma sugestão para apresentação de todos os mixes ao consumidor final, comunidade celíaca, onde se criou a marca *Oryza* com o *slogan* “A sua alimentação sem limitação”. Esta frase adequa-se ao público-alvo, uma vez que a marca dispõe de quatro produtos distintos capazes de tornar a sua alimentação mais completa e diversificada.

## 5. Referências Bibliográficas

Alencar, M.; Alvarenga, M. (1991) *Farelo de arroz: composição química e seu potencial como alimento*. Arq. Biol. Tecnol., série 1, nº 34, pp. 95-108.

Alvarez, C.; (2010) *La biopsia de yeyuno en el proceso diagnóstico de la enfermedad celíaca*. Ver. Club. Alimentar Nut. Suplemento 1, pp. 36-42

Amato, G.; Elias, M. C. (2005) *Parboilização do arroz*. Porto Alegre: Editora Ricardo Lenz Ziede, pp.160.

AOAC 991.43. AOAC Official Method 991.43 Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods. Cereal Foods Chapter 32 pp. 7-9

APC. Associação Portuguesa de Celiacos. (2014) Disponível em: <http://www.celiacos.org.pt> Acesso em: 11 de Agosto de 2015.

APN. Associação Portuguesa de Nutricionistas. Disponível em: <http://www.apn.org.pt/> Acesso em: 11 de Agosto de 2015.

Aravind, N.; Sisson, M.; Egan, N.; Fellows, C. (2012) – *Effect of insoluble dietary fiber addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti*. Food Chemistry. vol. 130, nº1, pp. 299-309.

Ball, S.; Guan, P.; James, M.; Myers, A.; Keeling, P.; Mouille, G.; Buléon, A.; Colonna, P. (1996) *From glycogen to amylopectin: A model for the biogenesis of the plant starch granule*. Cell, 86, pp. 349–352.

Barata, T. S. (2005) *Caracterização do consumo de arroz no Brasil: um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Cepan), Porto Alegre.

Barnes, H. A. (2001) *An overview of rheology in the food industry*, e-rheo.pt, 1, 16.

Bergman, J.; Bhattacharya, R.; Ohtsubo, K. (2004) *Rice end-use quality analysis. In: champagne, e. t. (ed.) Rice. Chemistry and Technology* (3rd ed.). St Paul, MN: AACC International, Inc.

Bourne, M. (1982) *“Food Texture and Viscosity.”* In Academic Press, 2nd Ed, Londres, U.K.

Canella-Rawls, S. 2012. Pão - Arte E Ciência. 5o ed. SENAC, São Paulo, Brasil

Castro, A. G.; Covas, J. A.; Diogo, A. C. (2001) *Reologia e suas aplicações industriais*. Instituto Piaget. pp. 16 – 29 e 135 – 141.

Castro, A. (2003) *A Química e a Reologia no Processamento de Alimentos* (Ciência e Técnica) Lisboa. pp. 15-61.

Chaum, S.; Suwannaporn P. (2010) *Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality* Journal of Cereal Science – ELSEVIER, vol. 51 pp. 284-291.

Ciclitira, P. J. e Ellis, H. J. (1987) *Investigation of cereal toxicity in coeliac disease*. Postgraduate Medical Journal, 63, pp. 767-775.

Conte, A.J. (2000) *Valor nutritivo do farelo de arroz integral em rações para frangos de corte, suplementado com fitase e xilanase.*, 164f. Tese (Doutoramento). Universidade Federal de Lavras.

Crockett, R.; Vodovotz, P.; Le, Y. (2011) *How Do Xanthan and Hydroxypropyl Methylcellulose Individually Affect the Physicochemical Properties in a Model GlutenFree Dough*". Journal of food science 76 (3): pp. 274 –82.

Decreto-Lei nº 62/2000 de 19 de Abril regulamentado pela Portaria nº 905/90, artigo 2

Direct Industry Disponível em: <http://www.directindustry.com/> Acesso em: 25 de Agosto de 2015

Dobraszczyk, B.J.; Grant, M.; e Campbell, Z. (2001) *Bread: A Unique Food*. In: D.A.V Cereals and Cereal Products: Chemistry and Technology. Aspen Publications, Gaithersburg, ML. pp. 182-232.

Delcour, A.; Joye, I.; Pareyt, B.; Wilderjans, E.; Brijs, K.; LAgrain, B. (2012) *Wheat Gluten Functionality as a Quality Determinant in Cereal-Based Food Products*. Annu. Rev. Food Sci. Technol. (3) pp. 469–92.

El-Dash, Almed, Moacir Roberto Mazzari, and Rogério Germani. 1994. 1 Tecnologia de Farinhas Mistas: Uso de Farinha Mista de Trigo E Mandioca Na Produção de Pães. Brasília.

Elmer L. e Gaden, Jr. (1959) *Fermentation Process Kinetics*. Journal of Biochemical and Microbiological Technology and Engineering Vol. 1, nº. 4. pp. 413–429.

Estatísticas Agrícolas 2013. Edição 2014. Portugal

Estevão E. (2014) *Introdução à análise sensorial* – departamento de engenharia alimentar. Universidade do algarve. pp 5-42.

Faria, S. A. S. C.; Bassinello, P. Z.; Penteado, M. V. C. (2012) – *Nutritional composition of rice bran submitted to different stabilization procedures*. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. Vol. 48, nº 4, pp. 651-657.

Fiorda, F. A.; Soares, JR.; M. S.; Silva, F. A.; Gorsmann, M. V. E.; Souto, L. R. F. (2013) – *Microstructure, texture and colour of gluten-free pasta made with amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse*. LWT – Food Science and Technology. Vol. 54, nº1, pp. 132-138.

Fradinho, P.; Raymundo, A; Sousa, I. (2014) *Estabilização enzimática do óleo de farelo de arroz* Livro de Actas do 12º encontro de Química dos Alimentos- SPQ. Lisboa, ISBN-978-989-98541-6-1

Fradique, H. M. M. (2008) – *Incorporação de Biomassa de Clorella vulgaris e Spirulina maxima em Massas Alimentícias*. Almada: Instituto Superior de Estudos Interculturais e Transdisciplinares, Instituto Piaget, (tese) Mestrado em Engenharia Alimentar e Nutrição.

Frutos, M. J.; Guilabert-Antón, A.; Hernández-Herrero, J.A. (2008) *Effect of Artichoke (Cynara scolymus L.) Fiber on Textural and Sensory Qualities of Wheat Bread*. Food Science and Technology International. pp. 14:49.

Genel; Emanuela, D.; Lucia, M.; Daniel, G.; Samasca, G. (2013) *Clinical Presentation of Celiac Disease Masks Therapeutic Perspectives of Celiac Disease*. Pharmaceut Anal Acta, 4:4.

Gianfrani, C., Auricchio S., Troncone R., (2005). “*Adaptive and Innate Immune Responses in Celiac Disease*.” Immunology letters 99 (2): pp. 141-45.

Heinemann, R. J. B.; Fagundes, P. L.; Pinto, E. A.; Penteado, M. V. C.; Lanfer-marquez, U. M. (2005) *Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil*. Journal of Food Composition and Analysis, v.18, n.4, pp. 287-296.

Hoseney, C. (1991) *Principios de Ciência y Tecnología de los Cereales*. Zaragoza: Acribia, 321 p.

Husby S.; Koletzko, S.; Korponay-Szabó, R.; Mearin, M.; Philips, A.; et al. *European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition Guidelines for the Diagnosis of Coeliac Disease*. J Pediatr Gastroenterol Nutr 54: pp. 136-160.

Hussein, A. M. S.; Kamil, M. M.; Hegazy, N. A.; Abo El-Nor, S. A. H. (2013) *Effect of Wheat Flour Supplemented with Barely and/or Com Flour on Balady Bread Quality* - Polish Journal of Food and Nutricional Sciences., Vol. 63, nº 1, pp. 11-18.

Irga- Instituto Riograndense do arroz. *Farelo de arroz: uma nova visão*. 2008.

ISO 6540:1980 Maize - Determination of moisture content (on milled grains and on whole grains) First edition. Published by Ethiopian Standards Agency.

Slavin, J. (2003) Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient databases. Department of Food Science and Nutrition, University of Minnesota, pp. 287–291.

Juliano, B.; Bechtel, D. (1985) *The rice grain and its gross composition*. Minesota, USA: American Association of Cereal Chemists, Cap. 2, pp. 17-57.

Juliano, B. O. e Perez, C. M. (1983). *Major factors affecting cooked milled rice hardness and cooking time*. Journal of Texture Studies, 14, pp. 235–243.

Kent, N.L., Evers, A.D. 1994. *Technology of Cereals: Introduction for Students of Food Science and Agriculture*, Fourth Edition. Oxford, Pergamon.

Lazaridou, A.; Duta, D.; Papageorgiou, M.; et al. (2007). “*Effects of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality Parameters in Gluten-Free Formulations*.” Journal of Food Engineering 79: pp. 1033-47.

Lima, G.J.M.M. et al. (2007) *Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento do arroz*.

Leach, H. W.; McCowen, I. D.; Schoch, T. J. (1959). *Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches*. Cereal Chemistry, 36 (6), pp. 534-544

Lewis, M.. (1987) *Physical properties of food and food processing systems*. Cambridge. pp. 66-68.

Ludwig, V. (2004) *A agroindústria processadora de arroz: um estudo das principais características organizacionais e estratégicas das empresas líderes gaúchas*. (tese) Pós-graduação. Porto Alegre.

Manners, D. J. (1997). *Observations on the specificity and nomenclature of starch debranching enzymes*. Journal of Applied Glycoscience, 44, pp. 83-85.

Marti, A.; Seetheramen, K.; Pagani, M.A. (2010) *Rice-based pasta: a comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking*. Journal of Cereal Science., vol. 52, nº1, pp. 404-409.

Martins, I. (2006). Tabela da Composição de Alimentos (editora) Lisboa.

Matos, M.; Rosell, C. (2013) *Quality Indicators of Rice-Based Gluten-Free Bread-Like Products: Relationships Between Dough Rheology and Quality Characteristics*. Food Bioprocess Technol. 6: pp. 2331-2341.

Mitchell, J. R.; Blanshard, J. M. V.; Mitchell, J. R. (1979). "Rheology of polysaccharide solutions and gels". Em: Polysaccharides in Food. Butterworths, Londres.

Morais, J. L.; Castro, A. G.; Diogo, A. C. (2001). "Noções básicas de reologia". Em: A reologia e as suas aplicações industriais, Castro, A. G., Covas J. A & Fiogo, A. C. (eds)., Ciência e Técnica, Instituto Piaget.

Morris, E. R. (1995) *Food polysaccharides and their applications*. New York: Marcel Dekker, pp. 517-546.

Moura, C. M. A. (2011) – *Qualidade de farinhas pré-gelatinizadas e macarrões formulados com arroz (Oryza sativa L.) e linhaça (Linum usitatissimum L.)*. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos. (Tese) Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos.



Nascimento, K.; Barbosa, M.; Takeiti, C. *Doença Celíaca: Sintomas, Diagnóstico e Tratamento Nutricional*. Revisão de literatura. Saúde em Revista 9/4/2012.

Nishita K. D.; Roberts R. L.; Bean M. M. (1976). *Development of a yeast leavened rice bread formula*. Cereal Chem 53(5) pp. 626-635.

Nordqvist, P.; Thedjil, D.; Khosravi, S.; Lawther, M.; Malmstrom, E.; Khabbaz, F. (2011) *Wheat Gluten Fractions as Wood Adhesives—Glutenins Versus Gliadins*. Wiley Online Library.

Norma Portuguesa NP 518. (1986). Cereais e leguminosas. Determinação do teor de cinza. Processo por incineração a 550°C. 3ª Edição. Instituto Português da Qualidade. Portugal

Norma Portuguesa NP 4168. (1991). Determinação do teor de matéria gorda total. Cereais e derivados. Instituto Português da Qualidade.

Nunes, A. G., Faria, A. P. S.; Steinmacher, F. R.; Vieira, J. T. C, 2006. “Processos Enzimáticos E Biológicos Na Panificação.” Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis.

Oliver, G.; Brock, C. J. (1997) *A Rheological Study of Mechanical Dough Development and Long Fermentation Processes for Cream-Cracker Dough Production*. Journal Science Food Agriculture, 74, pp. 294-300.

Ormense, R. C. S. C.; Chang, Y. K. (2002) – *Massas alimentícias de arroz: uma revisão*. B. CEEPA., vol.20, nº2, pp.175-190.

Pattison, T.-L., Holy A.. 2001. “Effect of Selected Natural Antimicrobials on Baker’s Yeast Activity.” Letters in Applied Microbiology 33(3): 211–15.

Phillips, G.O., Williams, P.A. 2009. Handbook of Hydrocolloids. Woodhead Publishing, Cambridge

Pereira, C.; Maia, C.; Andrade, H.; Almeida, S.; Januário, L. (2008) *Um caso típico de doença celíaca*. Saúde Infantil, p. 119-121.

Pulido, Olga M et al. (2009). *"Introduction of Oats in the Diet of Individuals with Celiac Disease: A Systematic Review."* Advances in food and nutrition research 57: pp. 235-85.

Raymundo, A. (1999). *Estudo e optimização da capacidade emulsionante de isolados proteicos de L. albus.* (Tese) Doutorado. Universidade Técnica de Lisboa.

Rice Bran Oil. Disponível em: <http://www.ricebranoil.info/> Acesso em: 17 de Agosto de 2015

Regulamento (UE) n.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2011, relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios.

Rubio-Tapia, A; Hill, I.; Kelly, C.; Calderwood A.; Murray, J. *Clinical Guidelines: Diagnosis and Management of Celiac Disease.* Gastroenterol advance online publication, 23 Abril 2013.

Sajilata, M.G., Rekha S. S., Pushpa R. K., (2006). *"Resistant Starch. A Review."* Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 5 (1): pp. 1-17.

Schmiele, M.; Jaekel, L. Z.; Ishida, P. M. G.; Chang, Y. K.; Steel, C. J. (2013) - Massa alimentícia sem glúten com elevado teor proteico obtida por processo convencional. Ciência Rural, Santa Maria, vol. 43, nº 5, pp. 908-914.

Sapone, A.; Lammers, K. M.; Casolaro, V.; Cammarota, M.; Giuliano, N. T.; Rosa, M.; Stefanile, R.; Mazzarella, G.; Tolone, C.; Russo, M. I.; Esposito, P.; Ferraraccio, F.; Carteni, M.; Riegler, G.; Magistris, L.; Fasano, A. (2011) *Divergence of gut permeability and mucosal immune gene expression in two gluten associated conditions: celiac disease and gluten sensitivity.* BMC Medicine, pp. 9:23.

Sciarini, L.; Pérez, G.; Lamballerie, M., et al. (2012). *Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality.* Food Bioprocess Technol. 5: pp. 1724-1732.

Silva, E. M. M.; Ascheri, J. L. R.; Carvalho, L. M. J. (2008) – *Efeito dos parâmetros de extrusão nas características de viscosidade de pasta e índice de absorção de água de macarrões pré-cozidos elaborados a partir de farinha mista de arroz integral e milho obtidos por extrusão.* B. CEPPA, vol. 26, nº 2, pp. 239-254.

Sousa, I. M.N. (2001) A Reologia dos Produtos Alimentares. In: Reologia e suas Aplicações Industriais. A. Gomes de Castro, J. A. Covas e A. C. Diogo. Instituto Piaget, Lisboa. pp. 131-157.

Sozer, N.; Cicerelli, L.; Heinio, R.; Poutanen, K. (2014) *Effect of wheat bran addition on in vitro starch digestibility, physicochemical and sensory properties of biscuits*. Public Health and Clinical Nutrition, University of Eastern Finland, Box 162.

Stable Micro Systems Disponível em: <http://www.stablemicrosystems.com/> Acesso em: 20 de Agosto de 2015

Steffe, J.F. (1996) *Rheological methods in food process engineering*. Michigan: Freeman Press, p. 428.

Storck, C.R.; Silva, L.P.; Comarella, C.G . (2005) *Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz*. Araraquara: Alim. Nutr., v.16, nº 3, pp. 259-264.

Sugai, Emilia et al. (2010) *“Celiac Disease Serology in Patients with Different Pretest Probabilities: Is Biopsy Avoidable”* World journal of gastroenterology: WJG 16 (25): pp. 3144-52.

Susanna, S.; Prabhasankar (2013) - *A study on development of gluten free pasta and its biochemical and immunological validation*. LWT – Food Science and Technology, vol. 50, nº 1, pp. 613-621.

Szczesniak, A.S. (2002) *“Texture Is a Sensory Property. Food Quality and Preference.”* 13 (4): 215-250.

Textures Technologies. Disponível em: <http://texturetechnologies.com/index.php> Acesso em: 19 de Agosto de 2015

Tudorica, C.M.; Kuri, V.; Brennan, C. S. (2002)– *Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta*. Agricultural and Food Chemistry, vol. 50, nº 1, pp. 347-356.

Tonutti. E.; Bizarro, N. (2014) *Diagnosis and classification of celiac disease and gluten sensitivity*. Autoimmunity Reviews 13 pp. 472-476.

Vader, W. *et al.* (2003). *The HLA-DQ2 gene dose effect in celiac disease is directly related to the magnitude and breadth of gluten-specific T cell responses*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 100, pp. 12390-12395.

Walter, M.; Marchezan, E.; MarchezanII, M. *et al.* (2008) "*Rice: composition and nutritional characteristics*" *Ciência Rural*, Santa Maria, 38 (4): pp. 1184-1192.

Wong, J.M.; Jenkins, D.J. (2007) Carbohydrate digestibility and metabolic effects. *J. Nutr.*, 137.

Ylimaki G.; Hawrysh ZJ.; Hardin RT.; Thomson BR. (1988) "*Application of response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: objective measurements*". *J Food Sci* 53 (6): pp. 1800-1805.

Ylimaki G.; Hawrysh Z.; Hardin RT.; Thomson BR. (1991) "*Application of response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: sensory evaluation*". *J Food Sci* 53 (3): pp. 751-759.

Yúfera, E.P. (1998) *Cereales. Química de los Alimentos*. Madrid: editorial Sintesis, Cap 3. pp. 74-129.

## **6. Anexos**

**ANEXO 1** - Ficha de Prova para as Bolachas, Bases de Pizza e Massas Frescas Isentas de Glúten

**ANEXO 2** - Ficha de Prova para os Pães Isentos de Glúten

## ANEXO 1 - Ficha de Prova para as Bolachas, Bases de Pizza e Massas Frescas Isentas de Glúten

Nome \_\_\_\_\_

Sexo F ( ) M ( )

Por favor prove as amostras da esquerda para a direita. Assinale com um (x) a classificação que acha mais adequada para o atributo que está a ser avaliado.

Código da amostra \_\_\_\_\_

<b>Aparência</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>	<b>Cor</b> Muito escura <input type="checkbox"/> Escura <input type="checkbox"/> Ligeiramente escura <input type="checkbox"/> Ligeiramente clara <input type="checkbox"/> Clara <input type="checkbox"/> Muito clara <input type="checkbox"/>	<b>Aroma</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>
<b>Textura</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>	<b>Sabor</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>	<b>Presença de Elementos Estranhos no Sabor</b> Sinto muito <input type="checkbox"/> Sinto <input type="checkbox"/> Sinto ligeiramente <input type="checkbox"/> Não sinto <input type="checkbox"/>
<b>Apreciação Global</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>	<b>Intenção de Compra</b> De certeza que não compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria <input type="checkbox"/> Não sei se compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente compraria <input type="checkbox"/> De certeza que compraria <input type="checkbox"/>	

## ANEXO 2 - Ficha de Prova para os Pães Isentos de Glúten

Nome \_\_\_\_\_

Sexo F ( ) M ( )

Por favor prove as amostras da esquerda para a direita. Assinale com um (x) a classificação que acha mais adequada para o atributo que está a ser avaliado.

Código da amostra \_\_\_\_\_

<b>Aparência</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>	<b>Cor do Miolo</b> Muito mais escuro que o ideal <input type="checkbox"/> Mais escuro que o ideal <input type="checkbox"/> Ideal <input type="checkbox"/> Mais claro que o ideal <input type="checkbox"/> Muito mais claro que o ideal <input type="checkbox"/>	<b>Cor da crosta</b> Muito mais escuro que o ideal <input type="checkbox"/> Mais escuro que o ideal <input type="checkbox"/> Ideal <input type="checkbox"/> Mais claro que o ideal <input type="checkbox"/> Muito mais claro que o ideal <input type="checkbox"/>
<b>Aroma</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>	<b>Textura</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>	<b>Sabor</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>
<b>Presença de Elementos Estranhos no Sabor</b> Sinto muito <input type="checkbox"/> Sinto <input type="checkbox"/> Sinto ligeiramente <input type="checkbox"/> Não sinto <input type="checkbox"/>	<b>Apreciação Global</b> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/>	<b>Intenção de Compra</b> De certeza que não compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria <input type="checkbox"/> Não sei se compraria <input type="checkbox"/> Provavelmente compraria <input type="checkbox"/> De certeza que compraria <input type="checkbox"/>